





**Étude taphonomique en contexte forestier boréal.  
Les applications de la géomatique en archéologie expérimentale**

**par Myriam Blais**

**Mémoire présenté à l'Université du Québec à Chicoutimi en vue de l'obtention du  
grade de Maître ès Art (M.A) en études et interventions régionales**

Québec, Canada

© Myriam Blais, 2021

## RÉSUMÉ

Lors de fouilles archéologiques, il faut prendre sérieusement en considération le contexte d'où proviennent les artefacts. Ce contexte aide l'archéologue à concevoir une interprétation qui se veut le plus près possible de la réalité. Il faut cependant garder en tête que rarement le contexte archéologique est vierge de perturbation. Plusieurs processus naturels et facteurs anthropiques ont cours lors des différentes phases de formation d'un site archéologique, variant d'autant plus selon les types de sols, et ayant de multiples impacts sur les artefacts que ce soit sur leur distribution ou leur intégrité physique.

Ces phénomènes, connus sous le nom de processus taphonomiques dans la discipline archéologique, sont étudiés depuis le début des années 1970, principalement à travers les travaux de Michael B. Schiffer portant sur la *Behavioral archaeology* (1976, 1987, 1995). Jusqu'à aujourd'hui, les expériences de taphonomie archéologique, portant sur différents processus de formation des sites archéologiques, ont été conduites essentiellement en Europe en milieu périglaciaire, dans le centre des États-Unis et au Brésil. La littérature ne présente pas, actuellement, de méthodologie permettant d'évaluer le déplacement de vestiges archéologiques dans un milieu forestier boréal comme celui observable au Saguenay-Lac-Saint-Jean. En d'autres mots, il n'y avait pas, jusqu'à présent, de données permettant d'évaluer le déplacement horizontal, l'enfouissement, la perte par les processus diagenétiques et la destruction du matériel lithique, végétal et ostéologique dans un contexte forestier boréal.

Le présent mémoire propose les prémisses d'une réflexion portant sur l'élaboration d'une méthodologie dans le cadre d'une expérience en archéologie expérimentale, intégrant notamment la photogrammétrie et des logiciels de géomatique tels qu'*ArcGIS Pro* pour la collecte et le traitement des données. Les premières données et leur analyse seront dès lors présentées, discutées et des hypothèses portant sur les possibles processus taphonomiques ayant eu cours seront élaborées.

Mots-clés : Taphonomie archéologique, archéologie expérimentale, *Behavioral Archaeology* forêt boréale, photogrammétrie, géomatique.

## TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ .....	i
LISTE DES TABLEAUX .....	vi
LISTE DES FIGURES .....	vii
LISTE DES ANNEXES .....	ix
LISTE DES ABRÉVIATIONS .....	x
REMERCIEMENTS.....	xi
INTRODUCTION .....	1
CHAPITRE 1 PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE .....	3
CHAPITRE 2 CADRE ENVIRONNEMENTAL DE LA FORÊT DE RECHERCHE ET D'ENSEIGNEMENT SIMONCOUCHE .....	8
2.1 Le climat .....	10
2.2 La faune .....	11
2.3 La flore.....	12
2.4 Profil pédologique.....	13
2.5 Conclusion .....	15
CHAPITRE 3 CADRE THÉORIQUE DE RECHERCHE .....	17
3.1 L'archéologie comportementale et les processus de formation des sites archéologiques .....	17
3.1.1 Le modèle des inférences archéologiques de Schiffer.....	20
3.1.2 Le contexte systémique et le contexte archéologique.....	27
3.2 La taphonomie en archéologie.....	29
3.2.1 De la paléontologie vers l'archéologie .....	29
3.3 Les processus taphonomiques dans la formation des données archéologiques .....	31
3.3.1 Facteurs anthropologiques .....	32
3.3.2 Facteurs biologiques .....	33
3.3.3 Facteurs géologiques.....	34
3.4 L'archéologie expérimentale .....	35



3.5 Conclusion .....	40
CHAPITRE 4 CADRE MÉTHODOLOGIQUE.....	42
4.1 Choix du terrain .....	42
4.1.1. Constitution des sites expérimentaux .....	47
4.2 Puces RFID (radio-identification) .....	50
4.2.1 Test de résistances au froid des puces RFDI .....	52
4.3 Choix des artefacts.....	53
4.3.1 Conception des pièces archéologiques expérimentales .....	53
4.3.2 Conception des éclats.....	59
4.4 Méthode de collecte de données .....	62
4.4.1 Photogrammétrie et plan de surface.....	62
4.4.2 Traitement des photos .....	63
4.4.3 Calcul du déplacement des artefacts. ....	64
4.5 Conclusion .....	65
CHAPITRE 5 RÉSULTAT .....	67
5.1 Résultat de l'expérimentation à partir des plans de surface.....	67
5.1.1 Site expérimental 1 .....	67
5.1.2 Site expérimental 2 .....	69
5.2 Résultat de l'expérimentation à partir de la photogrammétrie .....	71
5.2.1 Site expérimental 1 .....	71
5.2.2 Site expérimental 2 .....	75
5.3 Conclusion .....	77
CHAPITRE 6 DISCUSSION .....	79
6.1 Comparaison entre la méthodologie traditionnelle et la photogrammétrie/géomatique. .....	79
6.2 Limites de l'expérimentation .....	82
6.3 Conclusion .....	83
CONCLUSION.....	85
BIBLIOGRAPHIE.....	91
ANNEXES.....	95

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau résumant les facteurs et processus taphonomiques et leurs conséquences sur le matériel archéologique (Raymond Wood & Lee Johnson, 1978; Schiffer, 1987; Texier, 2000). .....	31
Tableau 2 : Caractéristiques physiques de la première série d'artefacts artificiels .....	56
Tableau 3 : Caractéristiques physiques de la seconde série d'artefacts artificiels .....	58
Tableau 4 : Caractéristiques physiques des éclats de quartzite .....	60
Tableau 5 : Déplacements des artefacts du site 1 .....	68
Tableau 6 : Déplacements des artefacts du site 2 .....	70
Tableau 7 : Déplacements des artefacts du site 1 - Photogrammétrie .....	72
Tableau 8 : Déplacements des artefacts du site 2 - Photogrammétrie .....	76
Tableau 9 : Évolution du diamètre des amas d'éclats sur le site expérimental 2 .....	76

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Reproduction de la classification écologique du territoire. (Wiken, 1986) .....	9
Figure 2 : Profil pédologique typique d'un podzol mis à jour par une excavatrice (Stewart, 2006) .....	14
Figure 3 : Reproduction du modèle synthétique des inférences archéologiques de Schiffer (1976).....	26
Figure 4 : Schéma des processus de formation et de l'approche inductive en archéologie (Shahack-Gross, 2017, fig.3) .....	27
Figure 5 : Limites physiques de la FERS (Université du Québec à Chicoutimi, 2019) .....	43
Figure 6 : Positionnements approximatifs des sites expérimentaux à l'intérieur de la FERS .....	44
Figure 7 : Ruisseau séparant le chemin forestier de la zone expérimentale, octobre 2018 .	45
Figure 8 : Entrée de la zone expérimentale en milieu boisé, octobre 2018 .....	46
Figure 9 : Site expérimental 1, novembre 2018, avant installation des artefacts expérimentaux .....	47
Figure 10 : Site expérimental 1 (périmètre turquoise), juin 2019.....	48
Figure 11 : Positionnement des éclats dans le site expérimental 1, novembre 2018 .....	48
Figure 12 : Disposition des artefacts dans le site expérimental 2, juin 2019.....	49
Figure 13 : Puce RFID 125 kHz .....	50
Figure 14 : Lecteur RFID.....	51
Figure 15 : Markforged Onyx Desktop 3D Plastic Printer (Markforged, 2018) .....	54
Figure 16 :Artefacts artificiels série 1.....	55
Figure 17 : Percuteur artificiel lesté avec un tube d'aluminium (gauche) et percuteur artificiel colmaté avec de l'époxy noir à sa base.....	57
Figure 18 : Éclats de quartzite divisés en dix classes dimensionnelles .....	59
Figure 19 : Site expérimental 1, mètre N-E, novembre 2018.....	73
Figure 20 : Site expérimental 1, mètre N-E, juin 2019.....	74
Figure 21 : Site expérimental 1, mètre N-E, octobre 2019.....	75
Figure 22 : Température moyenne relevée par la station météorologique de Rivière aux Écorces entre novembre 2018 et novembre 2019.....	88

Figure 23 : Précipitation totale moyenne en millimètre relevée par la station rivières aux Écorces entre novembre 2018 et novembre 2019.....	89
--	----

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Plan d'essai remis au Laboratoire International des Matériaux Antigivres. Test de résistance au froid des puces RFID.....	96
Annexe 2: Tableaux de collecte de données remis au Laboratoire International des Matériaux Antigivres. Test de résistance au froid des puces RFID .....	98
Annexe 3: Modélisation des plans <i>SolidWork</i> des artefacts artificiels. ....	100
Annexe 4: Tableau de référence pour la classification dimensionnelle des éclats de matière première. ....	104
Annexe 5: Plans de surface, Site 1, 5 novembre 2018.....	106
Annexe 6 : Plans de surface, Site 1, 16 juin 2019. ....	107
Annexe 7: Plans de surface, Site 1, 18 octobre 2019.....	108
Annexe 8: Plans de surface, Site 2, 16 juin 2019. ....	109
Annexe 9: Plans de surface, Site 2, 18 octobre 2019.....	110
Annexe 10: Photogrammétrie, site 1, 5 novembre 2018.....	111
Annexe 11: Photogrammétrie, site 1, 16 juin 2019. ....	112
Annexe 12 : Photogrammétrie, site 1, 18 octobre 2019.....	113
Annexe 13 : Photogrammétrie, site 2, 16 juin 2019. ....	114
Annexe 14 : Photogrammétrie, site 2, 18 octobre 2019.....	115

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

FERS : Forêt d'enseignements et de recherches Simoncouche

UQAC : Université du Québec à Chicoutimi

CGQ : Centre de géomatique du Québec

LIMA-AMIL : Laboratoire international des matériaux antigivre - Anti-icing Materials

International Laboratory

## REMERCIEMENTS

Enfin s'achève un marathon qui sans l'aide et le soutien de plusieurs individus et organismes n'aurait peut-être jamais pris fin, voire jamais été entamé.

En ce sens, il convient de remercier d'abord les organismes subventionnaires canadiens et québécois, respectivement le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada (CRSH) et le Fonds de Recherche du Québec- société et culture (FRQSC) m'ayant octroyé des bourses de recherche. Sans ces bourses, jamais autant de temps et d'énergie n'auraient pu être dédiés à l'accomplissement de ce projet.

Je remercie particulièrement mon directeur de maîtrise, Érik Langevin, qui m'a proposé le présent projet et qui a su piquer ma curiosité. Merci d'avoir pris le temps de m'accompagner, de me lire, de me remettre en question et surtout de m'avoir mise aux défis tout au long de ma scolarité et de ma rédaction.

Ensuite, je remercie les différents laboratoires, lieux de recherche, professionnels de l'UQAC et externe avec qui j'ai eu la chance de travailler : Christophe Volat, anciennement Directeur du Laboratoire international des matériaux antigivre, Yannick Gagnon, technicien au Laboratoire de génie mécanique, Noémie Plourde et Jennifer Gagné technicienne en archéologie au Laboratoire d'archéologie de l'UQAC, les professionnels du Centre de géomatique du Québec, Maxime Paré et Maxime Boivin, respectivement professeur au Département des sciences appliquées et au Département des sciences humaines et sociales, tout le personnel de la Forêt d'enseignement et de recherches Simoncouche qui ont participé de près ou de loin à l'installation et la réalisation des sites expérimentaux; et enfin à Raphaël Gadbois-Langevin, enseignant au Cégep de Limoilou pour son aide et son accompagnement dans mon exploration des logiciels de géomatique.

Merci chaudement à ma famille : ma mère Annie, mon père Daniel, mon frère et colocataire Vincent et ma sœur Gabrielle pour avoir cru en mes capacités et avoir pris le temps d'écouter avec patience mes déliriums. Merci également à mes amis Jany-Claude, David et Maxence d'avoir enduré mes plaintes et complaints pendant ces deux longues années. Merci d'avoir été là pour me remonter le moral comme seuls des collègues étudiants peuvent le faire. Merci également à Patrice, tant pour son amitié que son aide dans la première conception des pièces de l'expérimentation. Enfin, j'aimerais remercier mes trois animaux de compagnie, Sharpie, Winnie et Winston, grâce à qui mon anxiété a plus été gérée par de nombreuses séances de caresses.

Sur une note plus personnelle, j'aimerais remercier plus que tout mon mari Samuel Gaudreault qui, dans mes moments de doute et de remise en question, et seul lui sait à quel point ceux-ci ont pu être nombreux, a toujours été à mes côtés, m'a serré dans ses bras et a été mon fort lorsque mon chemin me semblait devenir trop sinueux.

Sûrement ma mémoire est-elle assez ingrate pour avoir oublié certains individus. Soyez rassurés, je vous suis tout aussi reconnaissante et vous envoie mes plus sincères remerciements.

## INTRODUCTION

Lors de fouilles archéologiques de type paléohistorique au Québec, il est essentiel de considérer le contexte archéologique dans lequel ont été trouvés les objets afin d'interpréter correctement l'occupation du territoire par les premiers humains et ainsi comprendre le mode de vie et la culture de l'époque. Dans un contexte forestier boréal, comme présent au Saguenay-Lac-Saint-Jean, plusieurs facteurs peuvent influencer la disposition initiale des objets et ainsi biaiser l'interprétation de l'archéologue. En effet, entre le moment où l'artefact est laissé sur le lieu de l'occupation et le jour où l'archéologue le découvrira, plusieurs phénomènes risquent fortement d'influencer son positionnement. De ces facteurs, on peut comprendre le gel et le dégel du sol, l'impact des animaux fouisseurs, le lessivage des sols, les débordements des rivières, les arbres et leurs matrices pédologiques, etc. Ainsi, les déplacements exercés tant à la verticale qu'à l'horizontale ont un impact considérable sur l'interprétation de l'occupation et peuvent être la source de biais dans l'interprétation de l'archéologue.

Le présent mémoire est donc l'amorce d'une réflexion concernant la quantification de l'impact de divers facteurs taphonomiques sur la disposition des artefacts dans un site archéologique. Pour y parvenir, une comparaison entre la méthodologie traditionnelle d'acquisition des données archéologiques et une méthodologie intégrant la photogrammétrie et la géomatique sera effectuée.

Donc, le premier chapitre de ce mémoire se veut une mise en contexte de la présente recherche. Il convient en effet d'expliquer comment on en vient à désirer observer des



artefacts se déplacer dans leur contexte archéologique. Le chapitre 2 expose le contexte environnemental particulier dans lequel a été tenue l'expérimentation, soit la forêt boréale, tout en abordant les spécificités du lieu de recherche, la Forêt d'enseignement et de recherches Simoncouche.

Le chapitre 3 expose le cadre théorique de la recherche, soit le développement de l'archéologie comportementale, le développement de l'archéologie expérimentale et l'étude de la taphonomie archéologique. La méthodologie de la recherche est par la suite longuement expliquée dans le chapitre 4, puis les résultats découlant de l'expérimentation dans le chapitre 5. Enfin le chapitre 6 revient plus précisément sur les résultats de la recherche et propose des améliorations à la méthodologie de recherche appliquée, et des pistes de recherche intéressantes afin d'approfondir l'étude des conséquences des phénomènes taphonomiques sur les assemblages archéologiques en milieu forestier boréal.

C'est par ailleurs en conclusion du mémoire que sont exposées les hypothèses concernant les possibles phénomènes taphonomiques ayant causé les déplacements des artefacts expérimentaux entre novembre 2018 et octobre 2019.

# **CHAPITRE 1**

## **PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE**

Par son étymologie et sa pratique, l'archéologie se veut « la science des choses antiques »; une science qui concerne les temps anciens remontant aux origines de l'humanité (CNRTL, 2012). De plus en plus spécialisée au courant des dernières décennies, la discipline occupe toujours plus de place dans les laboratoires, mais c'est son expertise sur le terrain qui lui permet de recueillir les données si chères à la recherche. Ce qui ne semble être qu'une simple pierre pour le profane devient pour l'archéologue un outil dont la conception relève d'une technique propre à une culture particulière. C'est un indice qui lui permet de se rapprocher, sans jamais l'atteindre entièrement, d'un passé lointain qui s'est lentement effacé de la mémoire collective.

Le métier d'archéologue peut sembler, de prime abord, fort simple : creuser la terre, en extirper ses trésors, et en identifier la source. Dans les faits, la discipline et sa méthodologie sont beaucoup plus vastes et complexes. Connaître le passé ne tient pas seulement aux objets. Il faut comprendre à la fois le paysage et le territoire qui ont nécessairement eu des impacts sur les individus et la société l'occupant. De ces impacts découleront ainsi une organisation sociale particulière, des techniques et méthodes uniques au groupe, un art et des croyances découlant des expériences individuelles et collectives de cette société (DjinDjian, 2017)... Bref, ce que l'on demande à l'archéologue est plus que la simple cueillette de données. On lui demande de reconstituer, à partir de quelques indices

matériels souvent partiels, un complexe culturel ayant évolué pendant des décennies, voire des siècles.

Lors des fouilles, il faut prendre sérieusement en considération le contexte archéologique d'où proviennent les artefacts. Ce contexte aide l'archéologue à concevoir une interprétation qui se veut le plus près possible de la réalité. Il faut cependant garder en tête que rarement le contexte archéologique est vierge de perturbation. Plusieurs processus naturels et facteurs anthropiques ont cours lors des différentes phases de formation d'un site archéologique, variant d'autant plus selon les types de sols, et ayant de multiples impacts sur les artefacts que ce soit sur leur distribution ou leur intégrité physique (conservation, impacts, marques).

Ces phénomènes, connus sous le nom de processus taphonomiques dans la discipline archéologique, sont étudiés depuis le début des années 1970, principalement à travers les travaux de Michael B. Schiffer portant sur la *Behavioral archaeology* (1976, 1987, 1995). Jusqu'à aujourd'hui, il semblerait que les expériences de taphonomie archéologique, portant sur différents processus de formation des sites archéologiques, ont essentiellement été conduites en Europe, souvent en milieu périglaciaire (Bertran, Klaric, Lenoble, Masson, & Vallin, 2010), dans le centre des États-Unis (Hilton, 2003) et au Brésil (Araujo & Marcelino, 2003) dans des climats plus arides et présentant des sols très meubles puisque sablonneux ou très limoneux. La littérature ne présente pas, actuellement, de méthodologie permettant d'évaluer le déplacement de vestiges archéologiques dans un milieu forestier boréal comme celui observable au Saguenay-Lac-Saint-Jean. En ce sens, il n'y a pas, jusqu'à présent, d'expérimentations permettant d'évaluer le déplacement horizontal, l'enfouissement, la perte

par les processus diagenétiques et la destruction du matériel lithique, végétal et ostéologique dans un contexte forestier boréal.

En étudiant les expérimentations existantes, il est possible de noter que la collecte de données et les relevés archéologiques sont essentiellement faits à la main, tout comme c'est le cas lors des interventions archéologiques « normales ». Les données étant recueillies par l'humain, on peut s'attendre à une certaine marge d'erreur. Aussi, le temps requis pour effectuer des plans de surface les plus précis possible réduit considérablement le temps pouvant être utilisé pour effectuer la fouille et collecter un ensemble plus vaste de données archéologiques. C'est donc ici qu'entre en considération la pertinence de l'utilisation de la géomatique dans un contexte archéologique. À une échelle macroscopique, les outils géomatiques, dont les SIG et les logiciels de traitement de données, sont de plus en plus utilisés dans la discipline archéologique afin de mieux comprendre le paysage archéologique et émettre des hypothèses plus justes sur la façon dont le territoire était occupé par les groupes humains autrefois (Davtian, 2013; Estrada-Belli & Koch, 2007). Le Laboratoire d'archéologie de l'Université du Québec à Chicoutimi a d'ailleurs su tirer son épingle du jeu ces dernières années en orientant son acquisition de données archéologiques vers les nouvelles technologies, en travaillant en partenariat avec le Centre de Géomatique du Québec (CGQ) basé à Chicoutimi. À la suite d'un projet d'une durée de six mois mené en 2014, les résultats obtenus ont permis « [d']illustrer le potentiel de la photogrammétrie rapprochée en archéologie pour la création de modèles numériques de terrain. » (Centre de Géomatique du Québec, 2014). Grâce à cette méthode d'acquisition de données, il est possible d'atteindre une précision allant jusqu'à 0.5 mm lors de la collecte de données, laquelle peut se faire en laboratoire plutôt que sur le terrain. Bref, considérant le temps que demande la collecte de

données, le risque d'erreur découlant de manipulations humaines et le fait que les logiciels de géomatique soient d'une très grande précision, il semble justifié de s'interroger sur l'utilité de la photogrammétrie à l'échelle d'un site archéologique pour recueillir précisément des données expérimentales sur le déplacement d'artéfacts en milieu forestier boréal.

En résumé, il semblait pertinent d'amorcer une réflexion portant sur l'élaboration d'une méthodologie dans le cadre d'une expérience en archéologie expérimentale. À l'aide d'outils géomatiques, il conviendrait d'évaluer le déplacement de vestiges archéologiques en fonction des processus de formation des sites archéologiques spécifiques, telle la forêt boréale du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Spécifiquement, **dans quelle mesure la photogrammétrie et les logiciels de géomatique permettent-ils de jauger l'ampleur et les conséquences de phénomènes taphonomiques spécifiques à un milieu forestier boréal en lien avec les déplacements horizontaux de diverses composantes artéfactuelles faisant partie d'un assemblage expérimental?**

Il est nécessaire ici de réitérer que l'objet de ce mémoire constitue l'amorce d'une réflexion sur le sujet puisque les expériences en taphonomie archéologique ont lieu sur plusieurs années, voire décennies dans certain cas (Vallin, Caspar, Guillement, Masson, & Ozouf, 2013). Le cadre d'un mémoire ne permettant pas une étude à si longs termes, il est attendu qu'il sera seulement possible d'entamer la démarche scientifique et d'observer au minimum les déplacements initiaux en surface de sites archéologiques expérimentaux en milieu naturel.

L'observation découlant de cette expérimentation devrait permettre d'identifier les facteurs taphonomiques les plus susceptibles d'influencer les déplacements des assemblages archéologiques. Par ailleurs, en raison de la contrainte de temps, il est attendu que les

artéfacts se déplaceront principalement à l'horizontale plutôt qu'à la verticale, et ce, de façon significativement visible pour être remarqué à l'œil nu.

Pour assurer une précision maximale lors de la collecte de données, des outils géomatiques, tels que la photogrammétrie, seront inclus à la démarche expérimentale. Considérant les résultats obtenus par le CGQ lors de leur expérimentation avec la photogrammétrie rapprochée en 2014, il est attendu que l'écart entre les données photogrammétriques et les données prises manuellement ne dépassera pas 1 cm. En comparant les deux méthodes d'acquisition de données, il sera possible d'avancer si l'utilisation de ce type d'outil est pertinente, ou non, dans un cadre expérimental, établissant par le fait même les limites de ces outils dans la discipline archéologique.

Enfin, la présente recherche s'ancre dans une approche quantitative pure par la collecte, le traitement et l'analyse de données quantitatives. Aussi, la recherche se veut descriptive et exploratoire. D'une part, la recherche est exploratoire, puisqu'il n'existe aucune donnée quant à l'effet des processus taphonomiques sur le déplacement des artefacts en milieu forestier boréal. Le portrait du phénomène sera donc brossé dans cette optique. D'autre part, la recherche est descriptive puisqu'en observant les déplacements dans un milieu expérimental naturel, une série d'hypothèses quant aux variables précises causant ces déplacements pourront être posées en conclusion à cette recherche. Aussi, l'un des objectifs de la recherche est d'établir les limites des outils géomatiques, donc de déterminer les problématiques et, ultimement d'apporter des solutions à celles-ci. Ces solutions peuvent être amenées uniquement si une description de l'utilisation de l'équipement est faite auparavant.

## CHAPITRE 2

### CADRE ENVIRONNEMENTAL DE LA FORÊT DE RECHERCHE ET D'ENSEIGNEMENT SIMONCOUCHE

Située entre les régions administratives de la Capitale-Nationale et du Saguenay-Lac-Saint-Jean, la réserve faunique des Laurentides, constituée en 1895, s'étend actuellement sur près de 7861 km<sup>2</sup>. Initialement créée afin de servir « de vaste zone d'exclusion axée sur la prévention des feux de forêt et la protection des espèces fauniques » (Blanchet & Hébert, 2010, p. 2), la réserve faunique des Laurentides est aujourd'hui un lieu convoité pour les activités de plein air, de chasse et de pêche. Elle abrite également deux forêts d'enseignement et de recherche, soit la Forêt Montmorency de l'Université Laval; et la Forêt d'Enseignement et de Recherche Simoncouche (FERS) de l'UQAC. Cette dernière couvrant 27.1 km<sup>2</sup> compte huit lacs, de nombreuses sapinières et est le terrain de nombreuses recherches portant sur « [la] valorisation des forêts dégradées, [...] la biodiversité du territoire, [l']évaluation de la dégradation des sites de camping naturelle [et l'] impact des changements climatiques sur la croissance des arbres » pour ne nommer que quelques exemples (Université du Québec à Chicoutimi, 2019).

Dans les années 1980, Environnement Canada a fait paraître une série de documents intitulée *Série de la classification écologique du territoire*. Ces documents ont permis de compiler un ensemble de données à travers le Canada afin d'émettre une classification écologique des territoires.

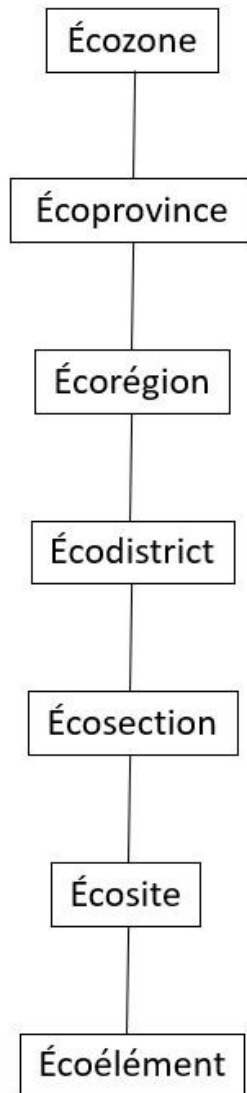


Figure 1 : Reproduction de la classification écologique du territoire. (Wiken, 1986)

Une classification à plusieurs niveaux, telle que présentée à la figure 1, a pour avantage « d'éliminer les détails qui, le plus souvent, ne s'observent pas sur une grande échelle » (Wiken, 1986, p. 2). Chaque région du Canada est unique, différenciée par l'interaction des divers éléments de son écosystème, soit le relief, la faune, la flore, le climat et l'activité humaine. Il est donc possible, en parcourant la hiérarchie proposée, d'obtenir un portrait soit général, soit relativement précis d'un environnement tout dépendant des besoins



exprimés. Afin de bien saisir la situation environnementale de la FERS, il convient d'exposer plus en détail chacune des caractéristiques de son écosystème.

## **2.1 Le climat**

Alors que de nombreux documents permettent d'établir précisément la faune et la flore de la réserve faunique des Laurentides, très peu traitent des caractéristiques climatiques de ce territoire. C'est donc à partir de la *classification écologique du territoire* qu'il a été possible de déterminer le climat de la réserve faunique des Laurentides, plus spécifiquement en s'intéressant aux caractéristiques des écorégions. Par ailleurs, les écorégions se définissent comme suit : se « sont de vastes zones terrestres caractérisées par une écologie particulière au climat, dont témoigne la végétation et qui influe sur les sols, la faune et l'eau » (Groupe de travail sur les écorégions, 1989, p. 1). Selon le facteur mis en lumière, il est possible de parler d'écorégion climatique, de paysage, d'habitat, etc.

Bref, grâce à la carte des écorégions climatiques produite en 1989 par le groupe de travail sur les écorégions, il a été possible de déterminer que la réserve faunique des Laurentides, et par conséquent la FERS, se situait dans la zone climatique du haut-tempéré froid humide. Tangiblement, cela signifie que les étés sont courts et frais, les hivers sont longs et froids et les précipitations mensuelles moyennes varient entre 50 et 100 mm, pour une moyenne annuelle en 2009 de 967.7 mm dont 30% étaient des précipitations neigeuses (Gouvernement du Québec, 2019; Groupe de travail sur les écorégions, 1989). Aussi, la période sans gel s'étend généralement de mai à la mi-septembre, mais il est toutefois possible de relever des températures au-dessus de 0°C pendant environ sept mois consécutifs avec une moyenne de 2,3°C. En moyenne, l'hiver s'installe dans la FERS en début novembre et

quitte un peu avant la mi-avril, avec une durée moyenne de 160 jours continues (Conseillers forestiers Roy, 2009).

## **2.2 La faune**

Malgré les nombreuses activités qui ont eu cours à l'intérieur de la FERS, aucun prélèvement de gibier n'a été effectué en près de 30 ans et la pêche y a été autorisée seulement pendant deux ans au courant des années 1980 (Conseillers forestiers Roy, 2009). Il est donc impossible de décrire avec exactitude la population faunique propre à la FERS. Considérant qu'elle occupe un petit territoire dans la Réserve faunique des Laurentides, la population animale de cette dernière sera considérée pour le bien de la présente recherche.

Les espèces fauniques habitant la Réserve faunique des Laurentides, et plus largement les forêts du Saguenay-Lac-Saint-Jean, sont caractéristiques d'un milieu boréal (Savard, 1989). La faune de la forêt boréale est particulièrement riche, abritant, à l'échelle du Canada, près de 300 espèces différentes d'oiseaux terrestres, aquatiques et de rivages à un moment ou un autre au courant des saisons; plus de 85 espèces de mammifères, dont certaines sont considérées vulnérables ou menacées comme le lynx du Canada; 32 000 espèces d'insectes participant activement au bon fonctionnement de l'écosystème boréal et 130 espèces de poissons de toutes les tailles (Fédération canadienne de la Faune, 2019).

Plus spécifiquement, au Saguenay-Lac-Saint Jean, on estimait en 1999, selon *Les États généraux de l'environnement*, que la région abritait 304 espèces d'oiseaux, dont la gélinotte huppée, le tétras du Canada et le héron; 76 espèces de poissons, dont l'omble de fontaine et le meunier noir qu'il est possible d'observer à l'intérieur des huit lacs de la FERS; 63 espèces de mammifères dont certaines sont considérées vulnérables ou menacées dont la

chauve-souris et le lynx du Canada, lesquels partagent leur territoire avec le lièvre d'Amérique, l'ours noir, le renard ainsi que l'orignal pour n'en nommer que quelques-uns; et finalement 18 000 espèces d'insectes et d'araignées (Conseil régional de l'environnement et du développement durable du Saguenay-Lac-Saint-Jean, 1999; SÉPAQ, 2019).

## **2.3 La flore**

Situé en plein cœur de la forêt boréale, sur le massif montagneux des Hautes-Laurentides, il va sans dire que la végétation observable dans la FERS en est une typique de ce biome.

Selon les données disponibles dans le *Plan général d'aménagement forestier* de la FERS publié en 2009, les essences arboricoles de cette zone sont majoritairement des feuillus de lumière dans une proportion de 66% contre 12% pour des résineux purs. Le 22% restant du couvert forestier est un mélange des deux espèces. Plus spécifiquement, l'essence forestière majoritaire est le peuplier faux-tremble dans une proportion de 41%, suivi du bouleau à papier (19%), du sapin (18%) et de l'épinette noire (15%). Dans des pourcentages moindres, on retrouve également le bouleau jaune, l'épinette blanche, l'érable rouge ainsi que, dans de rares cas, le pin gris et le pin blanc (Conseillers forestiers Roy, 2009).

Une spécificité du couvert forestier de la FERS est son caractère assez jeune. Lors de l'aménagement de la FERS dans les années 1980, on indiquait que la majorité des arbres (80%) seraient âgés entre 30 et 50 ans, contre seulement 8% d'entre eux qui seraient âgés de plus de 70 ans. Les données ont par ailleurs été reconfirmées en 2006 alors que la majorité des espèces arboricoles était âgée de 65 à 80 ans (Conseillers forestiers Roy, 2009).

La jeunesse de la forêt et le caractère particulièrement feuillus de la FERS s'explique d'une part par l'aménagement du territoire par l'homme et d'autre part par les feux de forêt. Naturellement, les feuillus, particulièrement le peuplier faux-tremble, ne devraient pas se trouver dans une proportion de plus de 10% sur le territoire. L'exploitation forestière, laquelle fut assez importante à l'intérieur des limites du Parc des Laurentides jusqu'à la première moitié du 20<sup>e</sup> siècle, doublée de deux grandes périodes intensives de feux de forêt dans les années 1920 et les années 1940 explique la jeunesse des arbres dans le secteur (Blanchet & Hébert, 2010). La quantité importante de feuillus se justifie par le processus de repopulation du territoire. Dans une sapinière à bouleau blanc, comme il est possible d'en observer dans la FERS, à la suite d'une coupe ou une déforestation importante, le peuplier faux-tremble et le bouleau blanc sont les premières espèces à reprendre possession du territoire suivi du sapin baumier. Ce dernier s'étend plus ou moins rapidement tout dépendant de la proximité des semenciers (Conseillers forestiers Roy, 2009).

## **2.4 Profil pédologique**

Chaque territoire à l'échelle planétaire, par sa géomorphologie, son climat, sa constitution minérale, la présence d'organismes vivants et le type de végétation ainsi que son exploitation et son occupation, a une formation pédologique particulière. En fait, selon *la Base de référence mondiale pour les ressources en sols 2014*, on retrouve 32 types de sols différents, et chacun d'entre eux peut être sous-divisé en plus d'une vingtaine de qualificatifs supplémentaires (IUSS Working Group Wrb., 2015).

La FERS présente un sol typique des forêts boréales, soit le podzol. Ce terme provient de l'union de deux mots russes signifiant « en dessous » (*pod*) et « cendre » (*Zola*). Le nom a été donné en raison de la couleur presque cendreuse que prend l'horizon situé juste en

dessous de la litière. Ces sols sont particulièrement présents au Québec sur le territoire couvert par la forêt boréale, mais on les retrouve aussi à d'autres endroits dans le monde, dont en Russie dans la taïga. Ces derniers présentent des particularités selon les régions qui ne sont pas encore bien comprises par les spécialistes. (Legros, 2007)

Les podzols de la forêt boréale se caractérisent par une bonne capacité de drainage de l'eau, permettant à certaines essences d'arbres d'y pousser, et visuellement par un profil pédologique clairement défini (voir la figure 2).



Figure 2 : Profil pédologique typique d'un podzol mis à jour par une excavatrice (Stewart, 2006)

De manière générale, la première couche d'un podzol est relativement épaisse (entre 5 à 30 cm). Nommée la litière ou l'humus (L), elle est un composé organique créé par l'activité des micro-organismes, le climat, les précipitations et le type de végétation. La forêt boréale étant principalement composée d'essences résineuses, la litière est acidifiée, ce qui

a pour effet de détruire une partie des organismes et des minéraux participant à la formation d'horizon plus organique. En ce sens, on note généralement une faible activité biologique. Sous la litière, on retrouve un premier horizon gris cendré dit éluvié (E). Cet horizon à la texture sablonneuse est caractérisé par sa pauvreté en minéraux et en matières organiques dû à l'acidité et la teneur en eau de la litière; causant une faible capacité de saturation du sol. Puisque le sol n'arrive pas à retenir les minéraux, il en provoque plutôt la précipitation dans l'horizon suivant. Le troisième horizon, inscrit sous le terme  $B_s/B_{fe}$ , est donc celui où s'accumule des résidus de fer et d'oxyde d'aluminium. On le reconnaît par la couleur orangée que lui donne le fer oxydé. Outre ces deux métaux, on y retrouve également de petites particules d'argile et de minuscules débris végétaux déposés par le ruissellement, les racines et la précipitation chimique. Généralement homogène, la granulométrie de cet horizon, comme la précédente, se rapproche de la texture du sable. Cependant, il peut arriver, à petite échelle (souvent en fin de pente en milieu alpin/subalpin), qu'en raison d'un mauvais drainage du sol, la matière composant l'horizon prenne la texture d'une pâte. Sous l'effet d'une dessiccation artificielle (un feu) ou naturelle (changement précipité de saison), l'eau quitte le sol et provoque une induration de l'horizon. (Duchaufour, 1994; Legros, 2007)

## **2.5 Conclusion**

En somme, la FERS est un environnement climatique, biologique et pédologique caractéristique de la forêt boréale canadienne. Chacun de ces éléments joue un rôle dans le développement de l'autre : la température permet la saison de croissance de certains arbres, la flore attire certaines espèces animales, le sol est acidifié par les conifères évoluant dans un secteur puis empêche la pousse de certaines espèces arboricoles, etc. Nécessairement, dépendamment des caractéristiques du climat, de la faune, de la flore et des sols, les artefacts

ayant été abandonnés à la suite d'une occupation verront leur positionnement initial changer de façon plus ou moins importante en fonction des processus taphonomiques qui auront cours. Ceux-ci et leurs impacts seront par ailleurs discutés longuement dans le chapitre 3 et 5.

## **CHAPITRE 3**

### **CADRE THÉORIQUE DE RECHERCHE**

La discipline archéologique s'est caractérisée jusqu'à la moitié du 20<sup>e</sup> siècle comme un exercice d'amasement, de description et de classement du matériel archéologique. Avec l'arrivée de la datation par le carbone 14 au début des années 1950, les archéologues ont pu se détacher du besoin de classification relative et se pencher de plus en plus vers des questions d'ordre social comme le déplacement et l'évolution d'une population, l'influence d'une culture, le développement de l'agriculture, etc. L'archéologie est donc passée de la description à la compréhension de ses données, et ce, en mettant l'accent sur les méthodes quantitatives et un raisonnement déductif. Cette nouvelle archéologie, qui se voulait plus scientifique, portée par Binford, Clarke, Taylors, Willey et Phillips pour ne nommer que ceux-ci, est connue aujourd'hui sous le terme d'archéologie processuelle ou encore de *New Archeology* et s'est développé plus ou moins des années 1950 à la fin des années 1970. (Yoffee & Fowles, 2010).

#### **3.1 L'archéologie comportementale et les processus de formation des sites archéologiques**

Bien que la nouvelle archéologie se soit présentée comme étant méthodologiquement rigoureuse et beaucoup plus scientifique que dans les décennies précédentes, dès la fin des années 1960 des chercheurs ont critiqué l'approche des premiers « nouveaux archéologues » arguant que l'interprétation du matériel devait dépasser les simples corrélations entre le matériel et son emplacement sur un site. Il serait en effet nécessaire de considérer les



perturbations pouvant affecter l'assemblage archéologique lesquelles biaiserait par conséquent l'interprétation de l'archéologue.

Dans les années 1960 et 1970 s'est développée la recherche sur les processus de formation des sites archéologiques. Malgré les avancées, les chercheurs ne se sont pas entendus sur un cadre unique, mais ont plutôt évolué à travers diverses conceptions.

Mis de l'avant par Ascher (1968) l'*Entropy view* avance que plus le temps passe, plus la quantité et la qualité des objets retrouvés diminuent. Les informations acquises par l'archéologue passent donc directement par l'état de conservation de l'assemblage archéologique. De ce fait, les sites plus anciens, nécessairement plus perturbés, contiendraient moins d'informations. Les critiques sur cette approche ont porté sur trois aspects. D'abord, il est possible, tout dépendant des caractéristiques de chaque site, qu'un assemblage plus ancien soit moins perturbé et mieux conservé qu'un assemblage récent. Ensuite, malgré l'état extrêmement perturbé d'un site, il est possible, en considérant le contexte, d'établir des déductions logiques. Enfin, des éléments archéologiques, donc les écofacts, peuvent s'ajouter au contexte archéologique et ainsi apporter des informations supplémentaires.

En 1970, Cowgill a mis au point une conception des processus de formation se basant sur un principe d'échantillonnage. La *Statistical sampling*, ou l'échantillonnage statistique, cherchait à identifier les discontinuités entre: (1) un système comportemental dynamique, (2) les artefacts créés et abandonnés à l'intérieur de ce système et (3) les artefacts qui se conserveront et qui seront retrouvés par l'archéologue. Cowgill en a conclu: « *a physical consequences population is completely determined by the activities of some ancient people. Physical find populations depend on ancient human activities, but also on subsequent events,*

*human and nonhuman, and on the techniques, concepts, and equipment of investigators.* » (1970, p. 163) Les recherches de Cowgill ont pour ainsi dire mis la table pour la recherche portant sur les processus de formation des sites archéologiques comme agents perturbateurs des assemblages archéologiques.

Toujours dans le même ordre d'idée, Collins (1975) a poussé plus loin cette conception en remarquant que non seulement les assemblages archéologiques à travers le temps étaient perturbés par les processus de formation, mais que ceux-ci agissaient de façon sélective sur les artefacts. Chaque matrice archéologique est donc biaisée par rapport à la précédente, empêchant d'avoir un point de référence précis pour évaluer la conservation des artefacts et émettre une interprétation juste du système culturel ayant eu cours sur un site. De nombreuses recherches dans les années 1970 et 1980 ont par ailleurs introduit les études taphonomiques en archéologie, lesquelles ont également confirmé la justesse de la conception des échantillonnages statistiques sur les assemblages osseux<sup>1</sup>.

La *Transformation position* est une avenue découlant des conclusions des travaux d'Ascher, conduite entre autres par des chercheurs comme Michael B. Schiffer. Développée dans les années 1970, cette conception considère à la fois les dimensions culturelles et spatiales d'un site et de ses artefacts. Elle considère également que peu importe la quantité d'informations que pourra fournir un site archéologique, l'archéologue ne sera jamais en mesure d'en faire une lecture parfaite. Il lui est cependant possible de rectifier les biais causés par les perturbations en tenant compte des *modèles* créés par les processus de formation à la fois culturel et naturel, lesquels ont été établis préalablement grâce à une méthodologie de

---

<sup>1</sup> Voir M. B. Schiffer (1987). *Formation Processes of the Archaeological Record* p. 9 et 10 pour consulter les recherches à ce propos.

recherche empirique mettant de l'avant l'expérimentation afin de découvrir les lois régissant ces processus. Schiffer mentionnait déjà en 1987 que les recherches en taphonomie, en géoarchéologie, en archéologie expérimentale et ethnoarchéologie semblaient donner raison à cette dernière conception des processus de transformation en démontrant que les *« formation processes (1) transform items formally, spatially, quantitatively, and relationally, (2) can create artifact patterns unrelated to the past behaviors of interest, and (3) exhibit regularities that can be expressed as (usually statistical) law. »* (Schiffer, 1987, p. 11)

Ce faisant, il est intéressant ici de se pencher sur le modèle des inférences archéologiques élaboré par Schiffer au cours de sa carrière. Ce cadre théorique, fort complet permet de comprendre les conséquences des processus de formation d'une part, mais également de mieux saisir les développements de la discipline archéologique vers ce champ de recherche en particulier.

### 3.1.1 Le modèle des inférences archéologiques de Schiffer

Selon Schiffer, l'archéologie processuelle tentait d'expliquer les comportements de populations passées, mais n'utilisait pas les bonnes données pour y parvenir.

« To be successful at all, then, explanation in archeology must occur on two levels. First, the documentation of a specific behavioral or organizational property of a past cultural system functions to explain archeological observations. And, second, such documented properties become the object of further explanation. It should be clear that explanation of systemic phenomenon [...] is contingent upon the prior or concomitant explanation of the facts of the archeological record. Many new archaeologists, in their understandable haste to be relevant to both modern society and anthropology, have shot-circuited the process of archaeological explanation by failing to confront and resolve the complex problems of using archeological data. »(Schiffer, 1976, p. 3)

Les données archéologiques étaient en fait mises de côté pour favoriser d'abord les explications d'ordre anthropologique. On apposait donc un système culturel à un ensemble

archéologique plutôt que de déduire le système culturel à partir des données archéologiques. C'est donc à travers un nouveau paradigme archéologique qu'a évolué la pensée de Schiffer. Celle-ci se voulant une façon de réunir et d'analyser correctement en une seule théorie les aspects anthropologiques et matériels d'un site. Le but de ce modèle théorique était d'établir des lois, entendues comme étant une explication empirique d'un phénomène ou d'un ensemble de variables, afin de se défaire des explications relatives et donner une solidité à la recherche archéologique. Les explications empiriques se sont développées majoritairement à partir d'expérimentations portant sur divers sujets, que ce soit la matière première et son utilisation, l'environnement et son effet sur les artefacts ou encore l'impact de l'occupation humaine sur un site archéologique.

Schiffer voyait les assemblages archéologiques non pas comme une impression parfaite d'un modèle sociétal passé, c'est-à-dire l'interaction entre les gens, l'environnement, la nourriture, les objets, etc., dans un contexte d'activités quotidiennes répétées; mais plutôt comme un ensemble dynamique qui a subi des modifications à travers le temps :

« Between the time artifacts were manufactured and used in the past and the time these same objects are unearthed by the archeologist, they have been subjected to a series of cultural and non cultural processes which have transformed them spatially, quantitatively, formally, and relationally. [...] If we desire to reconstruct the past from archeological remains, then these processes must be taken into account, and a more generally applicable methodological principle substituted for the one that asserts that there is an equivalence between a past cultural system and its archeological record. The principle I offer is that archeological remains are a distorted reflection of a past behavioral systems. »(Schiffer, 1976, pp. 11-12)

C'est à partir de cette hypothèse que Schiffer a développé son modèle théorique des inférences archéologiques. Les données archéologiques ont, dans ce modèle, trois propriétés :

- 1- Elles sont dans un environnement statique,
- 2- Elles proviennent d'un système culturel,

3- Elles ont été sujettes à des modifications provenant de processus non culturels.

À chacune de ces propriétés se rattache un ensemble de conditions ou de lois dont les explications empiriques qui en découlent tentent de contrebalancer les problématiques que peuvent rencontrer les ensembles archéologiques. Les trois ensembles sont respectivement les corrélatifs, les transformations culturelles et les transformations naturelles.

Un système comportemental ou culturel prend fin lorsqu'un élément du système (Homme, environnement, nourriture, matériel) cesse son interaction avec les autres. En supposant qu'il n'y ait aucune modification par la suite, il devrait être possible de retrouver un « fossile » de ce système culturel effondré. Puisque le matériel n'a pas de voix, il est impossible de le resituer exactement dans son système culturel. Pour pallier ce manque, des corrélations (*Correlates*) ou déductions seront avancées en considérant le matériel, l'espace, l'organisation et l'opérationnalisation du système. Les corrélations découlent de l'observation de conditions, lesquelles peuvent être testées dans un système culturel contemporain à l'archéologue, et sont dès lors considérées comme des corrélatifs. Ce sont particulièrement les observations qui réfèrent au matériel, sa provenance, sa conception et son utilisation qui sont mise de l'avant.

Les explications découlant des transformations culturelles (*C-transforms*) proposent de retourner de manière hypothétique au système culturel initial pour comprendre la déposition ou non de certains objets. Le but est de faire émerger, en fonction de l'utilisation, la construction, la réutilisation ou le rejet d'objets ou de matières premières, une série de lois expliquant comment une matrice archéologique a pu être perturbée par la possible réutilisation de matériel abandonné par un nouveau système culturel. On postule dès lors que plus il y a d'occupations sur un même territoire, moins il y a de chance que le matériel

archéologique soit retrouvé dans son contexte original. Pour Schiffer et les archéologues adeptes des théories comportementales, ce sont sans doute les processus les plus intéressants, mais les moins explicites, car : « *[o]nly c-transforms can be used to predict the materials that will or will not be deposited by a system.* » (Schiffer, 1976, p. 15).

De cette vision découlera dans les années suivantes l'ethnoarchéologie. Cette sous-discipline de l'archéologie s'est par ailleurs efforcée à travers les années 1980 et 1990 d'identifier les lois régissant les complexes culturels (notons entre autres Binford à travers la *middle range theory*) pour finalement constater que le comportement humain n'était pas déterminé par des lois universelles pouvant être appliquées systématiquement à un même contexte. En effet, des assemblages archéologiques abandonnés dans des conditions culturelles semblables présentaient une trop grande variabilité pour établir des généralités à ce sujet. Cette voie de recherche a été pour l'essentiel abandonnée à la fin des années 1990 (Shahack-Gross, 2017).

Les transformations naturelles (*N-transforms*) touchent, quant à elles, les éléments environnementaux et climatiques comme le vent, la pluie, la neige, les processus chimiques, les activités de la faune, etc. Ces processus affectent les artefacts à la suite de leur abandon sur un site. Les observations tirées de ces transformations permettent de mieux déduire quelles perturbations découlent de processus culturels ou non et de mieux orienter l'interprétation du site. Ce sont des modifications qui sont souvent prédictibles en fonction de l'environnement et qui sont aisément observables à travers des expérimentations. Leur étude est multidisciplinaire, demandant l'implication d'autres disciplines comme la géologie, la chimie, la biologie ou encore l'éthologie (Schiffer, 1976, 1987).

Dans la discipline archéologique, l'étude de ces processus a surtout été menée par ce qui deviendra la géoarchéologie. Développé dans les années 1960, ce champ de recherche a pris de l'ampleur seulement après les années 1980. Les méthodes et les outils de cette approche étaient essentiellement tirés de la géologie et de la géochimie. Les chercheurs s'efforçaient de déterminer les causes des perturbations dans les stratigraphies et s'intéressaient essentiellement à la documentation des sédiments composant les sites dans un angle plus pédologique. Éventuellement, au début des années 2000, la recherche s'est de plus en plus intéressée aux processus post-dépositionnels, c'est-à-dire à l'effet physique, biologique et chimique des sols sur l'intégrité des artefacts. Les géoarchéologues ont dû modifier leur méthodologie, devenant de plus en plus multidisciplinaires, intégrant les nouvelles technologies, pour étudier la réalité des sites archéologiques. Puisque les processus post-dépositionnels sont régis par un ensemble de lois naturelles, des principes généraux et des modèles de perturbations ont pu être créés pour certains types de sites archéologiques et certains artefacts biologiques et non biologiques. Il faut cependant garder en tête que les principes établis ne sont pas de facto universaux. On parle plutôt de généralisations empiriques qui sont intimement liées au contexte du site (lieu et moment) et peuvent ainsi varier de façon plus ou moins importante dans un autre contexte (Schiffer, 1987).

À titre d'exemple, on peut mentionner l'étude de Brochier et al. (1992) portant sur la conservation des défécations d'un troupeau et leurs effets sur la composition chimique du sol en Sicile; les études taphonomiques de coprolithes d'origine animale sur une période de 40 ans au Kenya et au Royaume-Uni lesquels ont permis d'établir des similitudes dans le profil taphonomique des coprolithes justifiant la création de critères d'identification de ce type d'artefacts sur les terrains (Macphail, Cruise, Allen, Linderholm, & Reynolds, 2004;

Shahack-Gross, Marshall, & Weiner, 2003) ou encore les recherches menées au Kenya, en Papouasie-Nouvelle-Guinée, en Grèce et Israël portant sur la mécanique des sols et leurs effets sur la conservation, la dispersion et la trace géochimique de différents types d'artefact biologiques et non biologiques (Friesem, Boaretto, Eliyahu-Behar, & Shahack-Gross, 2011; Friesem, Tsartsidou, Karkanas, & Shahack-Gross, 2014; Gifford, 1978; Gorecki, 1985; McIntosh, 1977).

Les transformations naturelles sont encore à l'étude aujourd'hui, entre autres dans le cadre d'études taphonomiques, puisque chaque type d'environnement présente des caractéristiques bien spécifiques qu'il convient de déterminer afin de rendre plus solides les données et les interprétations archéologiques.

Bref, pour appliquer ces trois ensembles de lois conceptualisés par Schiffer, l'archéologue doit hypothétiser certains éléments à propos du passé tout au long de son raisonnement (voir la figure 3), par exemple en approximant le nombre d'individus d'une population ou encore la disposition des habitations, permettant à terme d'émettre une interprétation.



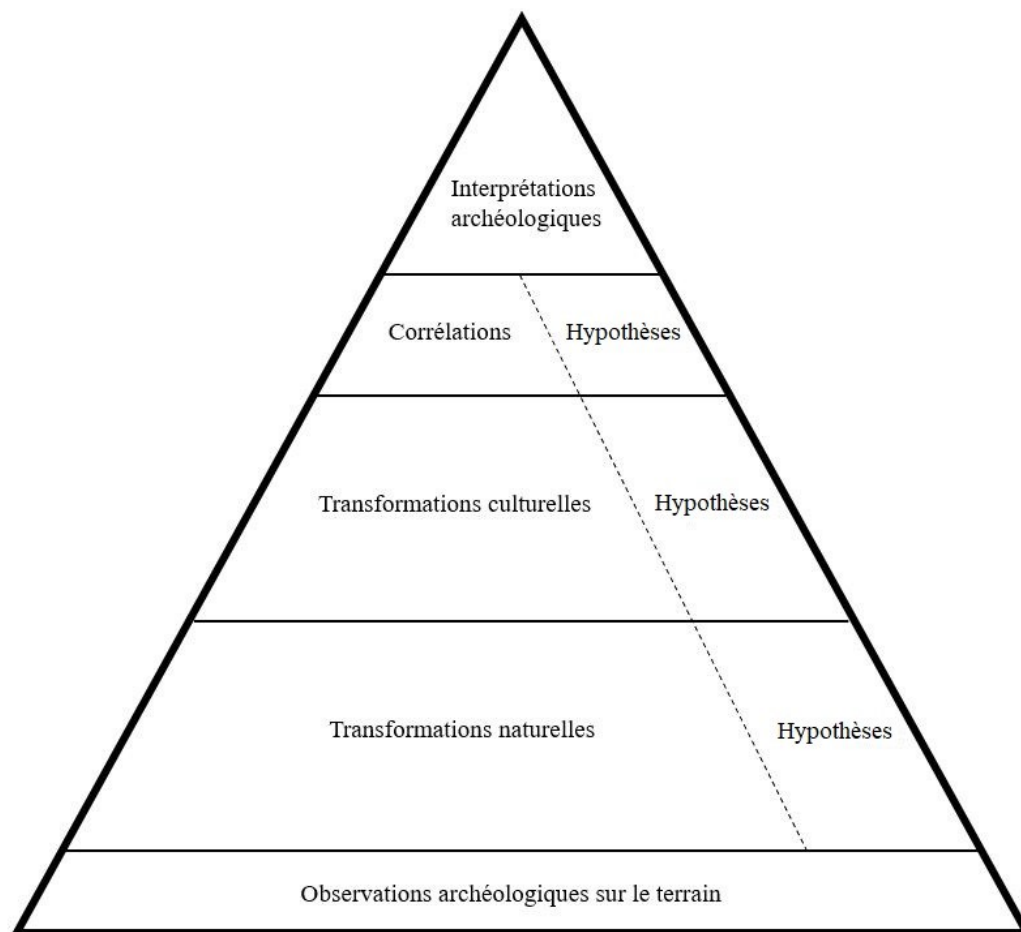


Figure 3 : Reproduction du modèle synthétique des inférences archéologiques de Schiffer (1976)

L'explication archéologique est atteinte « [...] *when they are shown to be the expectable consequence of the initial conditions, given the relevant laws. The inference itself and the stipulations are seen as the initial and boundary conditions, while correlates, c-transforms, and n-transforms constitute the law. Together, these statements function to explain aspects of the archeological record.* » (Schiffer, 1976, p. 17) Bref, c'est en joignant les observations de l'archéologue aux lois découlant des transformations naturelles et culturelles qu'il est possible de poser une interprétation archéologique plus juste d'un système culturel passé.

### 3.1.2 Le contexte systémique et le contexte archéologique

Un élément central dans la théorie de Schiffer est le contexte systémique et le contexte archéologique d'un site. En fonction de la phase dans lequel se situe un site donné, les perturbations qu'il subira ne seront pas les mêmes (voir la figure 4).

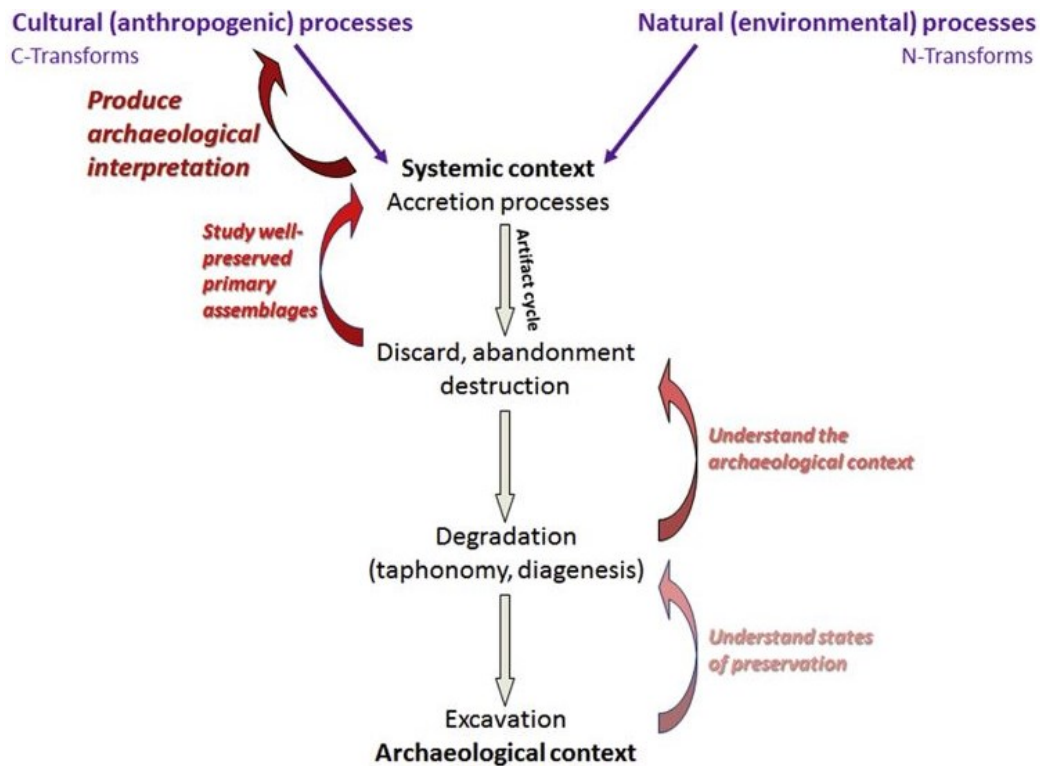


Figure 4 : Schéma des processus de formation et de l'approche inductive en archéologie (Shahack-Gross, 2017, fig.3)

Le contexte systémique comprend l'ensemble des moments où un site ou un artefact est actif, c'est-à-dire qu'il est occupé ou utilisé par un ou plusieurs humains. Un artefact peut être actif alors que le site ne l'est pas. À titre d'exemple : un outil lithique est amassé par un individu qui le déplace sur un autre lieu d'habitation lors de son passage. L'objet continu a être utilisé par le nouveau propriétaire par la suite. En ce sens, le site d'origine de l'artefact est inutilisé alors que l'objet l'est toujours. En considérant la théorie de Schiffer, chaque

groupe ou société, pour des raisons culturelles, occupe un lieu de façon particulière et sa culture transparait dans la façon dont est conçu le matériel, mais aussi selon les processus de production de déchets et d'abandon du matériel. Les perturbations culturelles sont dès lors à considérer, en plus de certains processus naturels, lorsque le site est dans son contexte systémique.

La seconde phase, le contexte archéologique, est le moment où un lieu ou un objet est abandonné, oublié ou laissé de côté par ses utilisateurs. Un site ou un artefact a la possibilité de sortir du contexte archéologique pour retourner dans le contexte systémique lors d'une réutilisation d'un lieu ou d'un objet, la découverte d'un site ou encore le remontage d'artefacts à la surface du sol. Les processus de sédimentation et de diagenèse ont tôt fait de procéder à la modification et l'enfouissement de l'assemblage archéologique, moyennant des modifications plus ou moins importantes de ce dernier selon les cas.

En résumé, le modèle des inférences archéologiques de Schiffer s'est présenté comme un premier cadre théorique rigoureux permettant d'étudier efficacement les processus de formation des sites archéologiques tant dans les contextes systémique et archéologique que dans ses dimensions spatiales, culturels et naturels. Il est primordial pour le chercheur de considérer à la fois les deux types de transformations pour établir ses corrélations lors de l'étude des artefacts afin de départir correctement les manipulations liées à un complexe culturel des traces laissées par les divers éléments naturels. Schiffer (1987) mentionnait par ailleurs que les archéologues avaient malheureusement tendance à considérer uniquement sur les sites et les artefacts les traces qui allaient dans le même sens que leurs corrélations, et donc de leur interprétation. La pertinence de l'archéologie expérimentale est d'autant plus probante dans la compréhension des processus de formation et leurs conséquences.

Comme mentionné plus haut, les études taphonomiques vont lentement s'insérer dans ce nouveau contexte de recherche. Il convient dès lors de survoler l'intégration des études taphonomiques en archéologie pour en saisir la pertinence dans le développement des connaissances archéologiques.

### **3.2 La taphonomie en archéologie**

Le terme « taphonomie » a été utilisé pour la première fois par le Russe Ivan Antonovitch Efremov en 1940. Constatant des lacunes dans la chronologie géologique empêchant de rattacher une espèce terrestre fossilisée à une espèce terrestre biologique contemporaine, le paléontologue a postulé que les assemblages fossiles ne devaient pas fournir de données complètes, que leur intégrité devait être compromise par différents phénomènes pendant le processus de fossilisation, lequel était encore mal saisi au début du 20<sup>e</sup> siècle. Ainsi est né le terme « taphonomie », définit comme *« the study of the transition (in all its details) of animal remains from the biosphere into the lithosphere, i.e., the study of a process in the upshot of which the organisms pass out of the different parts of the biosphere and, being fossilized, become part of the lithosphere. »*(Efremov, 1940)

#### **3.2.1 De la paléontologie vers l'archéologie**

Considérant que comme les fossiles, les productions humaines et les indicateurs écologiques pouvaient être affectés par les mécanismes de formation des sols et d'enfouissement, la discipline archéologique, à partir des années 1980, mais plus sérieusement au début des années 2000, a considéré dans ses recherches portant sur la genèse des sites archéologiques, les impacts biologiques, chimiques et physiques impliqués dans la conservation des assemblages archéologiques. Il s'agit d'une approche essentiellement

multidisciplinaire (archéologie, biologie, géologique) intégrant les nouvelles technologies, permettant de rendre plus juste les données archéologiques, et d'en apprendre davantage non seulement sur les paléoenvironnements, mais également sur les modes d'existence des groupements humains (Brugal, 2017).

Aujourd'hui encore, ce ne sont pas tous les archéologues qui s'entendent sur la définition à utiliser pour définir la notion d'étude taphonomique en archéologie. Certains croient que le terme doit être laissé à la paléontologie et que la définition de la notion en ce sens ne peut pas s'appliquer à la réalité de la discipline archéologique. D'autres croient plutôt que la notion de taphonomie peut transgresser les paradigmes scientifiques propres à chaque discipline et être appliquée à du matériel autre qu'ostéologique, puisque chaque artefact peut subir, lui aussi, des modifications physiques causées par les facteurs taphonomiques (Bertran, Bordes, Todisco, & Vallin, 2017; Domínguez-Rodrigo, Fernández-López, & Alcalá, 2011; Lyman, 2010). Pour différencier la taphonomie telle que conceptualisée en paléontologie de celle appliquée en archéologie, on parle de taphonomie archéologique.

Ici, nous nous en tiendrons à la description conceptuelle qu'en font messieurs Pascal Bertran, Jean-Guillaume Bordes, Dominique Todisco et Luc Vallin dans le volume *TaphonomieS* produit par le groupe de recherche *Taphonomie, Environnement et Archéologie* du CNRS-INEE :

« [...] la taphonomie concerne spécifiquement l'étude des processus de dégradation des vestiges et des structures archéologiques qui se produisent après le départ des hommes de leur lieu d'occupation. Elle contribue à isoler des ensembles de vestiges pour lesquels la cohérence chronoculturelle aura été déterminée comme homogène et adaptée aux questions archéologiques posées. La démarche d'analyse taphonomique n'englobe pas l'ensemble des études géologiques et, plus largement, paléoenvironnementales qui sont habituellement réalisées sur le site archéologique, bien que celles-ci constituent une étape obligée dans l'analyse des processus de formation d'un site et qu'elles concourent donc largement à la compréhension des phénomènes de dégradation des ensembles archéologiques. » (2017, p. 126)

La taphonomie archéologique combine donc l'expertise et les notions des Sciences de la terre, des Sciences fondamentales et des Sciences humaines afin d'isoler les facteurs naturels et anthropiques qui ont joué un rôle tant dans la conservation que dans la dégradation d'un site archéologique.

### 3.3 Les processus taphonomiques dans la formation des données archéologiques

Tout dépendant de l'auteur, la catégorisation des processus taphonomiques varie légèrement. En règle générale, il existe essentiellement deux à trois catégories de facteurs : les facteurs anthropiques, les facteurs biologiques (parfois combinés avec les facteurs anthropiques selon la classification) et les facteurs géologiques et/ou sédimentaires. Pour le présent mémoire, c'est la catégorisation de Texier (2000) qui a été retenue puisque par ses divisions elle est claire et permet de classer facilement et instinctivement les processus taphonomiques d'un site archéologique. Le tableau 1 résume les types de processus taphonomiques, tels que décrits par différents auteurs en fonction de la précédente classification.

Tableau 1 : Tableau résumant les facteurs et processus taphonomiques et leurs conséquences sur le matériel archéologique (Raymond Wood & Lee Johnson, 1978; Schiffer, 1987; Texier, 2000).

<b>Facteurs taphonomiques</b>	<b>Processus taphonomiques</b>	<b>Conséquences sur l'assemblage archéologique</b>
Anthropiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matériaux rejetés d'un complexe culturel (Produit de taille, déchet de consommation animal et végétal, etc.)</li> <li>• Réaménagement du site</li> <li>• Piétinement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Phénomènes de dissolution, de carbonatation et de phosphatation.</li> <li>• Concentration ou dispersion du matériel.</li> <li>• Action mécanique (déplacement volontaire ou non d'objet, réagencement de bloc, création de foyers).</li> <li>• Création de remblais, déplacement horizontal et vertical des objets en surface.</li> </ul>
Biologiques (Faune)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Activité de prédation</li> <li>• Activité des animaux fouisseurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accumulation de guano et/ou d'ossements.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Activité des vers de terre, des fourmis et des insectes</li> <li>• Activité des micro-organismes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perturbation des niveaux d'occupation à la verticale et l'horizontale.</li> <li>• Perturbation de la sédimentation.</li> <li>• Accélération du processus de décomposition du matériel.</li> </ul>
Biologiques (Flore)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Racines et chablis</li> <li>• Activités des champignons</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perturbation importante des niveaux de sol à l'horizontale et particulièrement à la verticale dans le cas des chablis.</li> <li>• Accélération du processus de décomposition du bois et des plantes.</li> </ul>
Géologiques (dynamiques)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glissement de terrain, tremblement de terre, flot de débris, éboulis, avalanches rocheuses</li> <li>• Solifluxion, ruissellement, pluie acide, eau salée</li> <li>• Exposition au soleil, température, polluant atmosphérique</li> <li>• Ouragan, érosion des berges</li> <li>• Processus éoliens, fluviaux, volcaniques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conséquence sur l'intégrité physique des artefacts (bris, concassage, déplacement des structures anthropiques à l'horizontale et à la verticale).</li> <li>• Conséquence sur la genèse des gisements archéologiques (perturbation de la sédimentation, brassage et redistribution du matériel, perturbation des niveaux archéologiques).</li> <li>• Conséquence sur la conservation des artefacts (chimique, physique, biologique).</li> <li>• Création de pseudo-artefacts (géofact, téphrofacts) et transformation physico-chimique des artefacts dans le cas des processus volcaniques.</li> </ul>
Géologiques (diagénétiques)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cryoturbation</li> <li>• Alternance humectation-dessiccation</li> <li>• Processus de dissolution</li> <li>• Pédogénèse</li> <li>• Caractéristiques spécifiques du sol (salé, acide, basique)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redistribution des sédiments naturels et anthropiques.</li> <li>• Modification des caractéristiques d'origine des sédiments participant à l'enfouissement et la conservation des artefacts (altération chimique).</li> <li>• Possibilité de fractionnement des artefacts.</li> <li>• Possibilité de déplacement des artefacts.</li> <li>• Altération des artefacts (complexifie les études tracéologiques, corrosion causée par l'accumulation d'eau et de sels).</li> <li>• Production d'horizons distincts.</li> <li>• Perturbations intiment liées au type de sol.</li> </ul>

### 3.3.1 Facteurs anthropologiques

D'abord, la catégorisation de Texier comprend les processus taphonomiques causés par des facteurs anthropologiques. Ceux-ci incluent l'ensemble des produits et déchets animaux, végétaux et minéraux déplacés par l'Homme. À titre d'exemple, des pierres déplacées pour construire un foyer font partie des facteurs anthropiques. Les résidus de

combustion, les déchets de tailles en sont également puisqu'ils ne se seraient pas trouvés naturellement dans l'environnement sous leur forme particulière.

De plus, certains déchets, tels que les ossements et les restes alimentaires, « [...] sont susceptibles d'évoluer rapidement en présence d'eau pour libérer des éléments qui participeront de façon active à la diagenèse des dépôts » (Texier, 2000). Il est dès lors possible de postuler que ce genre de changements peut influencer la conservation ou la non-conservation d'éléments archéologiques à l'intérieur d'un site.

### 3.3.2 Facteurs biologiques

Ensuite, les facteurs biologiques comprennent d'une part les activités de la faune, tels que les déplacements, le piétinement et les activités des animaux fouisseurs et des insectes. Il faut reconnaître l'effet extrêmement perturbateur des animaux fouisseurs qui, en quelques années seulement, sont en mesure de complètement chambouler les différents horizons d'un site (15 à 20% en une saison dans le cas des écureuils), et remonter le sol à la surface. Dans le cas des animaux de plus grande taille, comme le renard, les chiens de prairie ou les opossums, des ossements provenant de sépultures peuvent être remontés et déplacés par l'animal. Pour les insectes, comme les fourmis ou les vers de terre, ils ont la capacité de transporter sur des profondeurs allant jusqu'à trois mètres des objets et des sédiments provenant d'autres horizons, sans compter l'étalement horizontal des objets causé par l'élargissement d'une fourmilière (Raymond Wood & Lee Johnson, 1978).

D'autre part, les impacts de la flore sont aussi à considérer. En effet, la croissance et la mort des racines ont tendance à déplacer les vestiges. Les chablis ont un effet particulièrement perturbateur sur l'arrangement des couches stratigraphiques, et ce, jusqu'à



plusieurs mètres de profondeur. En effet, le soulèvement des racines a un impact tant sur les axes horizontaux et verticaux que sur la rotation des artefacts (Texier, 2000).

En somme, l'ensemble des facteurs biologiques peuvent déplacer les artefacts à l'horizontale et à la verticale sur des distances allant de quelques centimètres à plusieurs mètres par année.

### 3.3.3 Facteurs géologiques

Enfin, il y a les facteurs géologiques ou sédimentaires, l'appellation variant selon les auteurs. Chez Texier, ils sont divisés en deux catégories. On retrouve premièrement les processus dynamiques, essentiellement liés à la mécanique du sol, comme la solifluxion, et aux processus climatiques, comme les vents (Texier, 2000). Ce sont des processus qui affectent les artefacts particulièrement avant leur enfouissement complet dans le sol. Si on prend la question du climat au Québec, dans les régions les plus nordiques, le gel et le dégel peuvent avoir une influence importante sur le comportement du sol. Les changements de température gonflent le sol gorgé d'eau ce qui fait ensuite bouger les artefacts sur les différents axes (Vallin et al., 2013).

Ensuite, il y a les processus diagenétiques, soit le dépôt et la consolidation des dépôts sédimentaires. En d'autres termes, il s'agit de processus qui ont un impact sur la conservation des vestiges lors de leur enfouissement et par la suite. On y compte la cryoturbation, la dessiccation du sol, la pédogénèse, etc. Les caractéristiques des sédiments jouent un rôle important dans cette étape. En effet, les micro-organismes présents, la quantité d'eau retenue, l'acidité et la granulométrie du sédiment sont tous des aspects qui influencent l'intégrité de la conservation d'un artefact. C'est ce qui explique pourquoi certains sols parviennent à

conserver des vestiges organiques alors que dans d'autres cas ceux-ci ont complètement disparu (Texier, 2000)

### **3.4 L'archéologie expérimentale**

La méthodologie de recherche en taphonomie archéologique passe essentiellement par une démarche expérimentale tirée de cadres théoriques archéométrique et écométrique. Ces expérimentations sont très intéressantes puisqu'elles permettent de jeter un regard nouveau sur la dynamique des assemblages archéologiques. Elles sont menées généralement dans deux types d'environnement complètement différents.

L'un de ces environnements est dit « dynamique », c'est-à-dire que l'observation se déroule en temps réel dans un environnement contemporain au chercheur. Les différentes variables ne peuvent pas être contrôlées, il est donc impossible d'évaluer précisément l'impact de chacune d'entre elles, mais il est possible de recueillir des données qualitatives et quantitatives du résultat de la somme de ces variables sur un assemblage archéologique homogène ou hétérogène, selon le sujet de l'étude. Une étude dans un environnement dynamique permet donc de broser le portrait général, soit un référentiel, des perturbations d'un site évoluant dans des conditions précises.

Le second environnement est dit « contrôlé ». Il peut s'agir d'une expérimentation menée à l'intérieur d'un laboratoire, ou dans un environnement extérieur dont les variables peuvent être contrôlées par le chercheur. En étudiant les conséquences d'une variable à la fois sur un assemblage archéologique, il est possible d'obtenir des données quantitatives et de les mettre en relation, par analogie, avec les observations faites dans un milieu dynamique.

Les deux types d'expérimentation se complètent parfaitement et permettent de mieux reconstituer le passé (Brugal, 2017; Schiffer, 1976).

Depuis les années 1970, de nombreuses recherches ont été menées afin de mieux saisir les processus de formation des sites. Une partie des expérimentations se sont concentrées sur les facteurs environnementaux ou non-culturels influençant la forme, la distribution, la fréquence ou la relation des artefacts avec le site archéologique. Dans le cadre du présent mémoire, ce sont principalement les expérimentations portant sur les déplacements horizontaux, et verticaux dans une moindre mesure, qui nous intéressent.

Ainsi, on peut noter les recherches de Richard Wayne Stoops Jr. (1989) qui s'est intéressé à l'effet perturbateur du piétinement humain sur un site archéologique. Il postulait que l'effet du piétinement du sol constituait un risque d'interaction avec le matériel archéologique à la surface, et que la nature du sol jouait sans doute un rôle dans la façon dont l'artefact répondrait à l'action. Pour obtenir des données statistiques sur l'effet du piétinement, Stoops Jr. a mené une série d'expérimentations en milieu contrôlé, considérant le processus simplement dans sa nature physique. Des analyses quantitatives ont été produites grâce aux résultats pour créer un modèle mathématique numérique à partir duquel l'auteur a ensuite émis des généralisations. Il a ainsi conclu que plus un tesson est petit, moins il a de chance de bouger. Aussi, selon la distribution finale des artefacts, le modèle de piétinement (régulier ou irrégulier) aurait un impact majeur sur les résultats. En ce sens, il semblerait que le modèle irrégulier de piétinement soit le plus perturbateur sur un assemblage archéologique.

Des expérimentations sur l'effet du piétinement humain et animal sur la distribution horizontale et verticale ainsi que l'intégrité physique d'assemblage archéologique

expérimentale ont été répétées à plusieurs reprises par la suite. À ce titre, on peut mentionner l'étude de Lenoble et Bordes (2001) sur la dispersion verticale de lames et lamelles de silex dans un contexte dynamique où l'accent a été mis sur l'effet combiné du ruissellement et du piétinement humain dans un climat à dominante océanique. Il en est d'ailleurs ressorti, pour le piétinement seulement, que cette action a fait glisser les sédiments (sable) à la surface dans le sens de la pente du terrain, facilitant d'une part la remontée d'objets à la surface et d'autre part en créant un mouvement horizontal lors du contact entre le pied et l'artefact. Ensuite laissé onze mois aux effets des intempéries, l'assemblage expérimental a montré que sous l'effet du ruissellement, les sédiments gorgés d'eau se sont déplacés pour couvrir graduellement les lamelles. Le déplacement des sédiments a été observé dans la stratigraphie du terrain. Les artefacts ont pu également glisser à l'horizontale, jusqu'à près de quatre mètres pour certains, dans le cas où les lames et lamelles étaient précédemment posées à plat sur les sédiments.

En 2010, une expérience portant sur le piétinement d'origine animale a été effectuée dans le sud de l'Inde par une équipe d'archéologues ayant soulevé l'effet perturbateur du passage des troupeaux à proximité des lieux de fouille. Afin de mieux saisir le contexte archéologique et les perturbations du matériel, une expérimentation a été constituée dans le but d'évaluer quelles variables environnementales étaient plus à même de favoriser les déplacements horizontaux et verticaux d'objets archéologiques et de leur causer des altérations physiques. L'assemblage archéologique, constitué de 120 éclats de roche calcaire, a été distribué dans quatre zones tests constituées de sédiments d'argile sablonneux. Deux des quatre zones ont été humidifiées, puis dix-sept bœufs et seize chèvres ont piétiné respectivement une zone sèche et une zone humide. Il en est ressorti que le piétinement des

bœufs sur une surface sèche favorisait dans certains cas un déplacement horizontal plus long que celui des chèvres. Majoritairement, l'ensemble des artefacts présentait un déplacement d'entre dix et vingt centimètres, peu importe l'état de la surface et le type d'animal. Le déplacement vertical s'est montré plus prononcé chez les bœufs toutes surfaces confondues en raison de leur poids plus important. Aussi, il est ressorti que les substrats humidifiés favorisaient la rotation des artefacts, particulièrement du côté des chèvres sans doute en raison de leurs pas moins espacés favorisant des contacts répétés avec les éclats (Eren et al., 2010).

Dans un autre ordre d'idée, en 2003 une expérimentation intéressante a été menée par Michael R. Hilton. Inspirée par l'expérience TRANSIT (Lenoble, Bertran, Lacrampe, Bourguignon, & Detrain, 2003), le but de l'expérience était de décoder l'effet des cycles de gel et de dégel sur un ensemble d'artefacts en milieu subarctique. Contrairement aux expériences passées produites en laboratoire, Hilton tenait à effectuer la collecte de données dans un contexte dynamique afin d'observer et de documenter la complexité de l'environnement sur la constitution du contexte archéologique. L'expérimentation s'est donc déroulée sur une période de trois ans en Alaska dans le *Katmai National Park and Preserve*. Situé en milieu isolé, sur une île à deux kilomètres au sud de la côte du *Katmai Nation Park and Preserve*, les artefacts ont été placés à la surface d'un sol constitué de sable et d'argile dans un environnement caractérisé par peu de végétaux, la présence occasionnelle de grande faune comme l'ours brun, et influencé par les forts vents, les précipitations et des cycles de gel et dégel saisonniers, non affecté par le pergélisol. Deux zones expérimentales ont été constituées. Les éclats de schiste ont été numérotés puis positionnés en deux rangées perpendiculaires (+) à l'intérieur des zones d'expérimentation et leur position notée sur un

plan de surface. Hilton a par la suite visité les sites à deux reprises et refait des plans de surface pour chaque zone expérimentale. Au terme de l'expérience, il a été constaté que les éclats avaient bougé de façon beaucoup plus importante dans le second site que dans le premier (6 à 136 cm contre 0.7 à 31 cm). Le déplacement des éclats des deux zones a été fortement influencé par la direction des vents. Aussi, 31% des éclats de la seconde zone ont été perdus. Pour les deux zones expérimentales, il a été noté que le déplacement des artefacts était de moins en moins prononcé avec les années. Hilton explique ce phénomène par le nombre de cycles de gel et de dégel d'une part, mais également par les sédiments ayant recouvert graduellement les éclats avec les saisons. (Hilton, 2003)

Enfin, en milieu contrôlé, on peut noter l'expérimentation menée entre 2004 et 2007 par le Centre de Géomorphologie du CNRS à Caen portant sur les cycles de gel et de dégel et leurs conséquences physiques sur un assemblage archéologique constitué d'éclats de silex. À l'aide d'un bac rempli de limon et placé à l'intérieur d'une enceinte thermique, les chercheurs ont tenté de reproduire les processus de cryoexpulsion en forçant un pergélisol et des cycles de gel et de dégel du substrat en assurant une teneur en eau suffisante pour permettre le gel sans créer une dessiccation. Malheureusement, une série de malchances a empêché le bon fonctionnement de l'expérimentation : le pergélisol a fondu à plusieurs reprises, problèmes d'acquisition de données et de teneur en eau constante et suffisante. Les chercheurs ont tout de même été en mesure de mesurer un déplacement vertical allant de quelques millimètres à deux centimètres de profondeur. Cependant, les mouvements seraient probablement liés au dessèchement du limon plutôt qu'à son gel en raison du manque d'eau (Vallin et al., 2013).

En somme, bien qu'il ne soit pas possible dans le cadre de ce mémoire d'exposer chacune des expérimentations ayant vu le jour depuis 1960, les quelques expériences précédentes montrent que peu de référentiels exacts ont vu le jour et qu'aucune méthodologie n'est homogène, tout comme les environnements où ont été produites les données. Aussi, même si effectuées en milieu dynamique, peu d'expérimentations s'intéressent à la simple observation de l'assemblage archéologique comme l'a fait Hilton. La majorité de ces expériences ont contrôlé une ou plusieurs variables afin d'en connaître l'impact dans un contexte bien précis.

Par ailleurs, il est à noter que jusqu'à présent, il ne semble pas y avoir eu d'expérimentations au Québec, tant en milieu dynamique que contrôlé, portant sur le déplacement horizontal et vertical d'assemblage archéologique, encore moins dans un contexte forestier boréal.

### **3.5 Conclusion**

Dans les années 1970, la science archéologique s'est intéressée au processus de formation des sites archéologiques dans l'optique de rendre plus crédible l'interprétation de ses données. Dans les vingt années suivantes, Michael Brian Schiffer s'est intéressé à la question des processus de formation des sites archéologiques, postulant à travers sa théorie que les données archéologiques n'étaient pas une parfaite réflexion d'une société passée, mais plutôt un assemblage de plusieurs éléments ayant subi une variété de perturbations pendant et après l'occupation humaine. Le modèle de Schiffer propose ainsi d'identifier des lois ou des généralités culturelles et non culturelles ayant cours sur un site afin de se rapprocher le plus fidèlement possible du système culturel d'une société passée.

L'archéologie expérimentale s'est rapidement imposée comme méthodologie de recherche par excellence pour appréhender et saisir efficacement les processus de formation des sites. Proposant la recherche en milieu dynamique et contrôlé, il est possible de créer des référentiels de certains éléments perturbateurs pour des contextes archéologiques bien précis. C'est également à travers cette méthodologie de recherche que s'est développée la taphonomie archéologique, laquelle s'intéresse d'une part aux conséquences des processus de formation sur les assemblages osseux, mais aujourd'hui plus largement sur l'ensemble du matériel archéologique, dans sa dimension spatiale, physique et chimique.

La recherche sur les processus taphonomiques appliquées à l'archéologie est somme toute encore jeune et propose actuellement des données partielles souvent liées à des milieux ou des processus archéologiques bien précis. Il convient donc de poursuivre les expérimentations en poussant plus loin les connaissances en abordant plus particulièrement les processus taphonomiques dans un contexte forestier boréal.



## **CHAPITRE 4**

### **CADRE MÉTHODOLOGIQUE**

À la lecture des différentes expérimentations, force est de constater qu'il n'existe pas de référentiel méthodologique uniforme pour étudier les processus taphonomiques. Bien souvent, une méthodologie est créée par un groupe de recherche, puis réajustée au cours des expériences, lesquelles s'étirent sur plusieurs années.

Afin de répondre à la question de recherche du présent mémoire, une méthodologie de recherche a donc été créée de toute pièce, s'inspirant au passage de certaines expérimentations passées, lesquelles sont évidemment mentionnées.

#### **4.1 Choix du terrain**

Au nombre de deux, les sites archéologiques expérimentaux sont situés au cœur de la Forêt d'enseignement et de recherche Simoncouche, propriété de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), dans un environnement boisé, en légère pente et près d'un cours d'eau (figures 5 à 8).

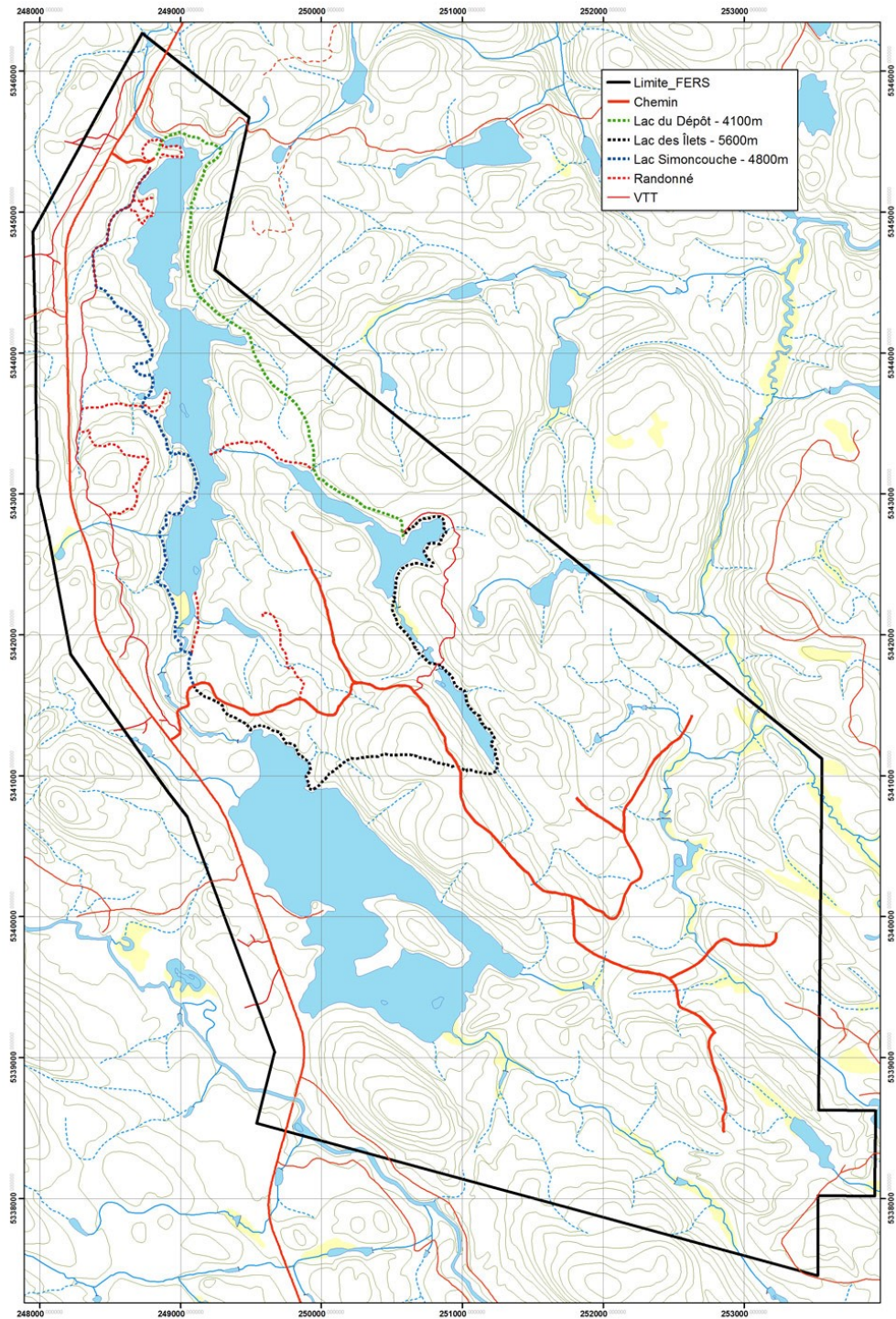


Figure 5 : Limites physiques de la FERS (Université du Québec à Chicoutimi, 2019)



Figure 6 : Positionnements approximatifs des sites expérimentaux à l'intérieur de la FERS





Figure 7 : Ruisseau séparant le chemin forestier de la zone expérimentale, octobre 2018





Figure 8 : Entrée de la zone expérimentale en milieu boisé, octobre 2018

Pour se rendre à la zone expérimentale, depuis l'entrée du Lac des Îlets de la FERS, il faut parcourir cinq kilomètres de chemin forestier en voiture puis marcher un peu moins d'un kilomètre et traverser un ruisseau (figure 7). Ces sites ont délibérément été isolés et mis

à l'abri des phénomènes anthropiques contemporains pour éviter toutes perturbations externes à l'expérimentation, qui risqueraient de biaiser les résultats.

#### 4.1.1. Constitution des sites expérimentaux

À l'automne 2018, la reconstitution d'un campement rudimentaire de type paléohistorique a été aménagée dans un site de 4 m<sup>2</sup> (figures 9 et 10). Dans celui-ci, des zones de taille et de déchets ont été constituées. Sept reproductions d'artefacts ainsi que 495 éclats de quartzite de toutes les classes dimensionnelles, conçues entre juillet et septembre 2018, ont été disposées à l'intérieur de la zone. Les éclats n'ont pas été placés dans une orientation particulière ni dans une distribution prédéterminée, le but étant de reproduire un campement le plus fidèlement possible (figure 11).



Figure 9 : Site expérimental 1, novembre 2018, avant installation des artefacts expérimentaux



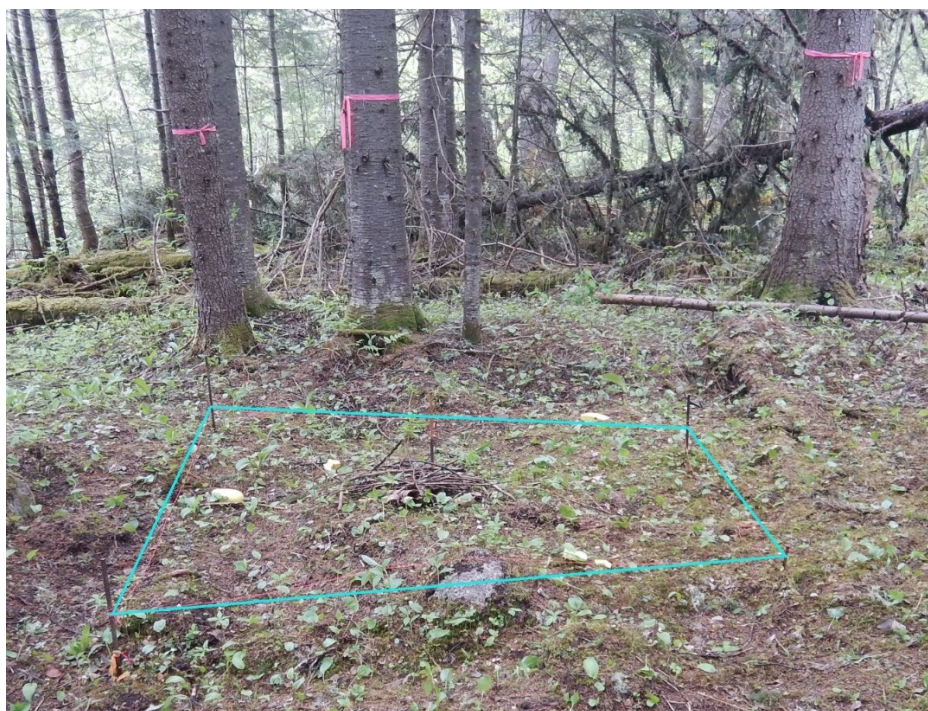


Figure 10 : Site expérimental 1 (périmètre turquoise), juin 2019



Figure 11 : Positionnement des éclats dans le site expérimental 1, novembre 2018



Le second site a été aménagé au tout début de l'été 2019, après la fonte des neiges, à quelques mètres au sud du premier site. Contrairement au site d'automne, la disposition de l'assemblage artéfactuel a été inspirée de l'expérimentation de Michael R. Hilton (2003). Plutôt que de reproduire un campement, les sept reproductions ont été disposées en croix (+) en suivant la jonction des mètres carrés (figure 12). Disposer les artefacts de cette façon était pertinent puisque le calcul de distance en serait facilité en plus de rendre beaucoup plus évidents à l'œil nu les déplacements horizontaux des éléments.



Figure 12 : Disposition des artefacts dans le site expérimental 2, juin 2019

Également, 493 éclats divisés en quatre amas ont été disposés au centre de chaque mètre carré. En disposant les éclats de cette façon, il était attendu qu'il serait beaucoup plus facile d'étudier l'étalement des amas d'éclats.



## 4.2 Puces RFID (radio-identification)

Les sites expérimentaux étant situés dans une zone forestière assez dense, il a été supposé que la chute des feuilles pourrait recouvrir entièrement l'assemblage archéologique et rendre plus complexe sa redécouverte au cours des saisons. Pour minimiser les manipulations anthropiques sur le site, il a été choisi de munir les artefacts expérimentaux de capteurs à radio-identification ou RFID.

Aisément disponibles sur le web en grande quantité, il est possible d'obtenir des puces, des cartes, ou même des autocollants munis d'une radio-identification en plusieurs fréquences. En industrie, cette technologie est utilisée d'une part pour faire le suivi de livraison et d'autre part pour sécuriser/restreindre l'accès à certaines zones d'un bâtiment par exemple.

Pour la présente expérimentation, ce sont des puces à fréquence 125 kHz qui ont été utilisées, comme illustrée à la figure 13.



Figure 13 : Puce RFID 125 kHz

Disponible à petit prix sur le web pour le grand public, il serait également beaucoup plus aisé de les dissimuler à l'intérieur des artefacts expérimentaux. Le lecteur, également acheté sur le web, fonctionne grâce à des batteries AA, facilitant son transport sur les sites (voir figure 14).



Figure 14 : Lecteur RFID

Point négatif : le lecteur, en raison de sa qualité bon marché, doit être positionné à quelques centimètres des puces pour parvenir à en faire la lecture. Une attention particulière au positionnement des puces à l'intérieur des artefacts a donc dû être apportée afin de faciliter la lecture, par exemple en les plaçant le plus près possible des parois.

#### 4.2.1 Test de résistances au froid des puces RFDI

Afin de s'assurer que les puces RFID seraient en mesure de passer l'hiver et d'être reconnues par le lecteur après la fonte des neiges, un test de résistance au froid a été élaboré en collaboration avec le Laboratoire International des Matériaux Antigivres (LIMA-AMIL) de l'UQAC. Ce laboratoire a mis à notre disposition deux congélateurs paramétrés respectivement à -17°C et -27°C, dans lesquels ont été déposées dix puces.

Il est à noter que les puces ont subi une exposition directe au froid, sans recouvrement de neige. À ce propos, il est pertinent de mentionner que malgré les variables influençant les propriétés physiques de la neige, soient la teneur en eau liquide, la structure de la neige, la stratification, le rayonnement thermique du sol et la force des vents pour ne nommer que ceux-ci, la température à l'intérieur du manteau neigeux se maintient en temps normal autour de 0°C (Association Nationale des Professionnels de la Neige de Culture, 2019; Marbouty, 1984). Ainsi, les puces ont sans contredit été testées à des températures extrêmes, et ce, pendant trois semaines. Une à deux fois par jour, le matin et/ou le soir, les puces à radiofréquences ont été testées afin d'évaluer si elles arrivaient toujours à transmettre leur signal au lecteur (voir Annexe 1 et 2).

Ainsi, les cinq puces placées à -17°C n'ont eu aucun mal pendant les trois semaines à transmettre leur signal. Ensuite, des cinq puces placées à -27°C, deux d'entre elles n'ont pas été en mesure, à une seule reprise, d'être reconnues par le lecteur. Cependant, une deuxième lecture effectuée quelques secondes plus tard permettait de les reconnaître. Ce phénomène pourrait s'expliquer sans doute par la distance à laquelle était tenu le lecteur de la puce, ou encore par la vitesse de balayage du technicien ayant pris les mesures.

Considérant que les puces n'ont pas montré de signe de faiblesse par la suite, on peut écarter le froid comme facteur d'insuccès.

En plus court, puisque les puces RFID ont été en mesure de soutenir une température extrême de -27°C, il a été conclu qu'elles pourraient passer l'hiver saguenéen sans que leur signal ne soit compromis.

### **4.3 Choix des artefacts**

Le site expérimental étant situé en milieu forestier, il était attendu que retracer les artefacts pourrait devenir fastidieux. Afin de démarquer l'ensemble archéologique expérimental du milieu naturel, des artefacts artificiels ont été conçus à partir d'une collection de référence préalablement sélectionnée. Les pièces originales sont tirées de la collection Fortin du Laboratoire d'archéologie de l'UQAC. Cette collection est composée de pièces paléohistoriques reconstituées; produites selon les techniques d'origine.

#### **4.3.1 Conception des pièces archéologiques expérimentales**

Les artefacts artificiels ont été conçus en collaboration avec le laboratoire de génie mécanique de l'UQAC. À partir de plans *SolidWork* créés par un étudiant en génie mécanique de l'Université puis retravaillés par Yannick Gagnon, technicien du laboratoire de génie mécanique, deux séries de sept artefacts ont été conçues. Les pièces ont par la suite été imprimées grâce à une imprimante 3D de la marque *Markforged* de la série *Onyx One* (figure 15). Pour s'assurer que les artefacts artificiels ne perdraient pas de leur intégrité au fil des saisons, ils ont été imprimés à partir de fils de nylon renforcés de microfibres de carbone.



Figure 15 : Markforged Onyx Desktop 3D Plastic Printer (Markforged, 2018)

Considérant que le poids de la fibre utilisée par l'imprimante est beaucoup plus léger que celui des pierres de la collection de référence, les pièces artificielles ont été conçues en permettant l'ajout de sable ou de métal à l'intérieur de celles-ci afin d'ajuster leur poids (voir annexe 3 pour la modélisation des plans des pièces). Il serait dès lors possible de se rapprocher au maximum du poids réel des artefacts de référence.



Figure 16 :Artefacts artificiels série 1

La première série de pièces a été peinte en jaune lustré, tel que visible sur la figure 16, afin de les rendre bien visibles. Puis les artefacts le nécessitant ont été lestés avec du sable.

Tableau 2 : Caractéristiques physiques de la première série d'artefacts artificiels

Tableau comparatif du poids et dimension des artefacts originaux et des artefacts copiés automne 2018					
Objet	Poids artefacts originaux en g	Poids artefacts copiés (vide) en g	Poids artefacts en g (avec puce et sable)	Rapport de différence (poids original/poids vide)	<b>Rapport de différence (poids original/artefacts lestés)</b>
Grattoir	10,88	5	6,36	2,176	<b>1,711</b>
Pointe	5,78	1,31	1,42	4,412	<b>4,070</b>
Poterie	25,66	15,4	27,52	1,666	<b>0,932</b>
Nucléus	70,37	30,31	69,8	2,322	<b>1,008</b>
Biface	55,53	46,6	56,77	1,192	<b>0,978</b>
Hachette	207,35	54,74	66,14	3,788	<b>3,135</b>
Percuteur	223,63	93,85	229,39	2,383	<b>0,975</b>

À la suite de l’ajustement du poids des pièces, une puce à radiofréquence a été ajoutée à l’intérieur de six des sept pièces. En effet, la pointe artificielle ne permettait pas de joindre une puce à radiofréquence pour la simple raison que son volume était trop petit. Il a par ailleurs été impossible de lester cette pièce pour la même raison.

Le tableau 2 permet de faire un bref récapitulatif des caractéristiques physiques des artefacts artificiels, en mettant l’accent sur le poids des pièces avant et après le lestage. Il est ainsi possible d’identifier les pièces les plus problématiques. D’abord, les pièces originales et puis les artefacts copiés et lestés ont été pesés à l’aide d’une balance électronique. Un rapport a été fait entre le poids de la pièce de référence et la pièce reproduite et lestée (comprenant le sable et la puce RFID). Plus le rapport se rapproche de 1, plus les pièces ont un poids semblable. Plus le rapport se rapproche de zéro, plus la pièce copiée est lourde par rapport à son référentiel. À l’inverse, plus le rapport se rapproche ou dépasse deux, plus le poids de la pièce est léger par rapport à son référentiel. Il est possible d’observer trois pièces

problématiques, soit le grattoir, la pointe et la hachette (en rouge). Dans les trois cas, les pièces étaient beaucoup plus légères que leur référentiel et il était pratiquement impossible de les lester adéquatement avec du sable par manque d'espace ou simplement, dans le cas de la hachette, parce que le plan d'origine ne permettait pas d'évider la pièce sans compromettre son intégrité lors de son impression.

Afin de régler la problématique du poids, la seconde série a été lestée avec des tubes d'aluminium compacts comme il est possible de le voir à la figure 17 (cercle jaune). Les tubes d'aluminium ont été insérés dans les pièces en perçant un trou dans le plastique à une extrémité. L'ouverture a ensuite été colmatée avec de l'époxy pour assurer l'étanchéité de la pièce. Du sable a été ajouté au besoin, si possible, pour rapprocher le poids de l'artefact artificiel le plus près possible de l'objet de référence, car malgré l'ajout d'aluminium, l'équivalence n'était toujours pas atteinte comme il est possible de le constater dans le tableau 3.

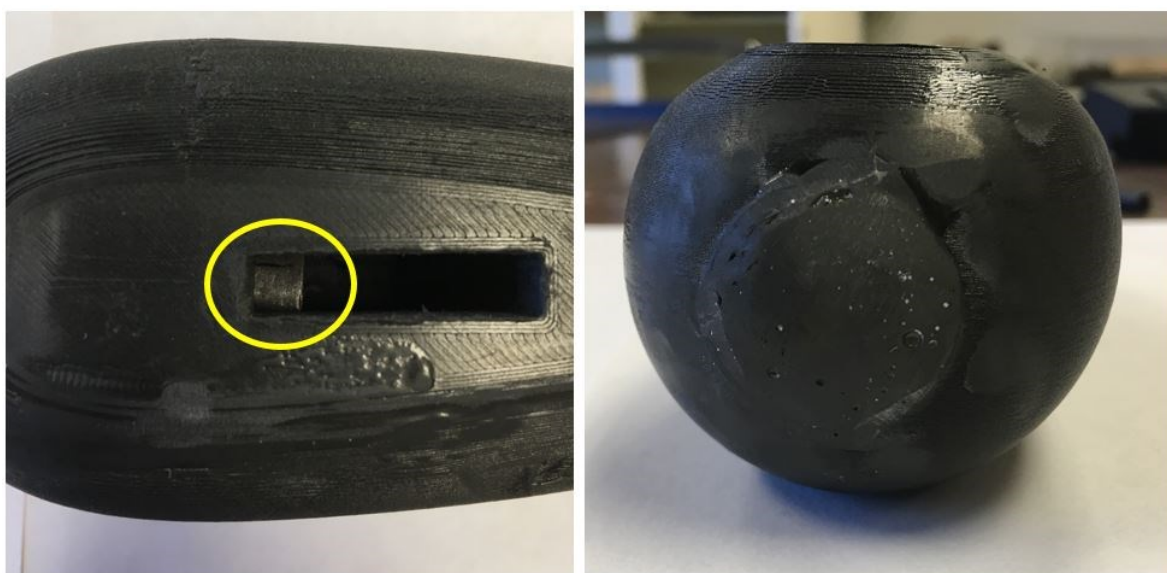


Figure 17 : Percuteur artificiel lesté avec un tube d'aluminium (gauche) et percuteur artificiel colmaté avec de l'époxy noir à sa base.



Tableau 3 : Caractéristiques physiques de la seconde série d'artefacts artificiels

Tableau comparatif du poids et dimension des artefacts originaux et des artefacts copiés Été 2019					
Objet	Poids artefacts originaux en g	Poids artefacts copiés (vide) en g	Poids artefacts en g (sable + puce)	Rapport de différence (poids original vs poids vide)	Rapport de différence (poids original vs poids artefacts lestés)
Grattoir	10,88	4,83	7,4	2,253	<b>1,470</b>
Pointe	5,78	1,15	1,15	5,026	<b>5,026</b>
Poterie	25,66	12,45	22,87	2,061	<b>1,122</b>
Nucléus	70,37	26,36	64,07	2,670	<b>1,098</b>
Biface	55,53	95,78	101,71	0,580	<b>0,546</b>
Hachette	207,35	127,72	133,11	1,623	<b>1,558</b>
Percuteur	223,63	281,41	371,85	0,795	<b>0,601</b>

Dans ce cas-ci, outre la pointe dont la conception ne permettait pas l'ajout d'aluminium ou de sable, deux pièces différentes ont posé un problème, soit le biface et le percuteur. Cette fois, le poids était environ un demi-fois trop élevé par rapport à la pièce de référence, et ce, avant même qu'elles soient lestées. Il a été choisi de tout de même ajouter du sable aux pièces, car en raison du tube d'aluminium, le biface et le percuteur étaient fortement déséquilibrés à l'une de leurs extrémités. En ce sens, pour minimiser les possibles impacts du déséquilibre, du sable a été ajouté afin de rendre plus homogène le poids des deux pièces.

Enfin, comme la précédente série, des puces ont été insérées dans six des sept artefacts, la pointe artificielle étant toujours trop petite pour accueillir l'identifiant RFID. Les pièces ont par la suite été peintes en bleu mat afin de les différencier de la première série.

#### 4.3.2 Conception des éclats

Outre le déplacement de pièces lithiques artificielles associées à des outils, il semblait pertinent d'étudier le déplacement des éclats de pierre à la surface du sol puisqu'il s'agit d'un vestige fréquemment retrouvé sur les sites archéologiques. Puisqu'il était impossible de créer des éclats de pierre artificiels se rapprochant des dimensions observables dans la réalité à l'aide de l'imprimante 3D, et pour éviter d'introduire une trop grande quantité de plastique dans un environnement naturel, de la taille de pierre a été réalisée en laboratoire.

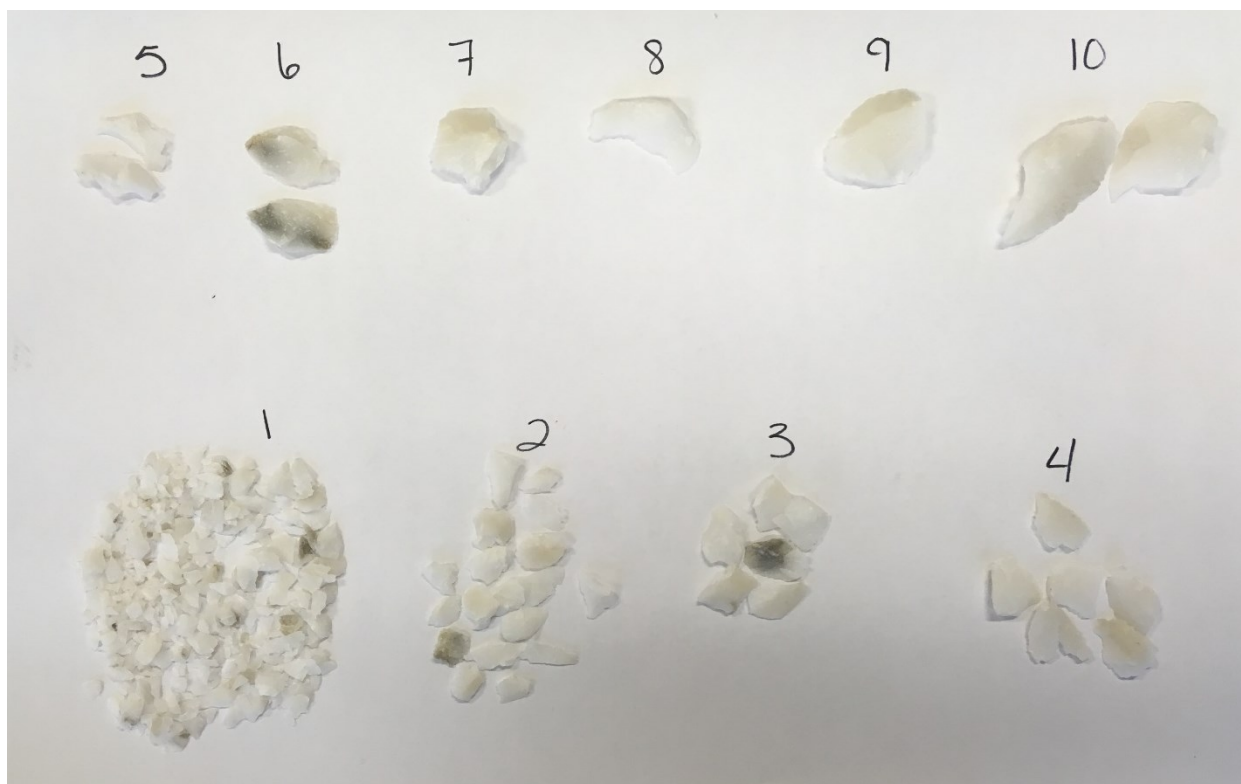


Figure 18 : Éclats de quartzite divisés en dix classes dimensionnelles

Les éclats de quartzite ont été comptabilisés, annotés et pesés tel qu'il peut être observé dans le tableau 4.

Tableau 4 : Caractéristiques physiques des éclats de quartzite

Éclats de quartzites en fonction de leur classe dimensionnelle, leur numéro et leurs poids en g.					
Automne 2018			Été 2019		
Classe dimensionnelle	Numéro de l'éclat	Poids (g)	Classe dimensionnelle	Numéro de l'éclat	Poids (g)
10	10-1	5,12	10	10-2	5,7
9	9-1	3,84	8	8-1	2,24
7	7-1	4,09	6	6-2	1,94
6	6-1	1,63	5	5-2	1,25
5	5-1	0,78	4	4-4	1,43
4	4-1	0,8	4	4-5	1,05
4	4-2	0,81	4	4-6	1,01
4	4-3	0,96	3	3-4	0,76
3	3-1	0,9	3	3-5	0,5
3	3-2	0,97	3	3-6	0,98
3	3-3	0,79	2	2-10	0,29
2	2-1	0,55	2	2-11	0,19
2	2-2	0,22	2	2-12	0,24
2	2-3	0,16	2	2-13	0,57
2	2-4	0,63	2	2-14	0,28
2	2-5	0,58	2	2-15	0,32
2	2-6	0,41	2	2-16	0,17
2	2-7	0,42	2	2-17	0,52
2	2-8	0,33	2	2-18	0,17
2	2-9	0,37	1	37	0,05
1	1	0,02	1	38	0,11
1	2	0,04	1	39	0,11
1	3	0,08	1	40	0,05
1	4	0,03	1	41	0,1
1	5	0,1	1	42	0,05
1	6	0,04	1	43	0,12
1	7	0,03	1	44	0,07
1	8	0,07	1	45	0,08
1	9	0,18	1	46	0,08
1	10	0,05	1	47	0,16
1	11	0,13	1	48	0,09
1	12	0,22	1	49	0,1
1	13	0,24	1	50	0,05
1	14	0,15	1	51	0,06
1	15	0,19	1	52	0,05

1	16	0,12	1	53	0,08
1	17	0,38	1	54	0,03
1	18	0,03	1	55	0,06
1	19	0,12	1	56	0,06
1	20	0,2	1	57	0,13
1	21	0,13	1	58	0,07
1	22	0,16	1	59	0,07
1	23	0,12	1	60	0,1
1	24	0,2	1	61	0,08
1	25	0,18	1	62	0,15
1	26	0,13	1	63	0,09
1	27	0,05	1	64	0,03
1	28	0,1	1	65	0,1
1	29	0,06	1	66	0,05
1	30	0,06	1	67	0,16
1	31	0,09	1	68	0,05
1	32	0,05	1	69	0,05
1	33	0,05	1	70	0,1
1	34	0,07	1	71	0,09
1	35	0,1	1	72	0,04
1	36	0,02	1	438	2,1
1	439	4,98			
<b>Total d'éclats</b>	<b>495</b>		<b>Total d'éclats</b>	<b>493</b>	

Les éclats trop petits pour permettre d'inscrire un numéro à leur surface n'avaient pas un poids assez important pour être reconnus par la balance électronique. Les éclats ont donc été divisés en deux amas, comptabilisés individuellement puis pesés en groupe. On peut d'ailleurs remarquer que l'amas de l'automne 2018 est plus lourd que celui de l'été 2019 (4.98g vs 2.1g). Sans doute l'écart a été causé par la dimension des éclats qui devaient être un peu plus importante pour le premier groupe.

Ce sont neuf cent quatre-vingt-huit éclats de quartzites divisés en dix classes dimensionnelles qui ont été taillés pour le bien de l'expérimentation (voir annexe 4 pour les classes dimensionnelles). Des éclats ont été choisis pour chaque site afin de représenter le plus fidèlement possible chaque classe dimensionnelle. Idéalement, les deux sites

expérimentaux devaient avoir un groupement d'éclats homogène autant en taille qu'en nombre. Ainsi, quatre cent quatre-vingt-quinze éclats ont été disposés dans le premier site et quatre cent quatre-vingt-treize dans le second.

#### **4.4 Méthode de collecte de données**

##### **4.4.1 Photogrammétrie et plan de surface**

Lors de la mise en place du site expérimental de l'automne 2018, le  $\frac{3}{4}$  du site a fait l'objet d'un plan de surface traditionnel. Il n'a pas été possible de compléter ledit plan en raison des conditions climatiques hivernales qui rendaient le travail fort ardu. En juin 2019, en raison des pluies, il était pratiquement impossible de travailler efficacement à la réalisation d'un plan de surface compréhensible tant pour le premier que pour le second site tout juste constitué. Il a donc été choisi de faire un croquis détaillé des sites à partir desquels il serait possible de produire un plan de surface par la suite puisque les dimensions des objets archéologiques étaient connues grâce aux plans de conception. Enfin, en octobre 2019, des plans de surface complets ont été réalisés pour les deux sites expérimentaux.

Pour comparer la précision des plans et des croquis, il a été choisi d'effectuer de la photogrammétrie, une technique d'enregistrement de données visuelles utilisée de plus en plus en archéologie, mais principalement en géomatique pour la reconstitution de données spatiales en 3D. La photogrammétrie consiste en une série de photos très serrées prises perpendiculairement au sol sur lesquels il est nécessaire de voir au moins trois repères stables ou une cible de photogrammétrie, géoréférencés ou non selon les besoins, afin de reconstruire numériquement le site archéologique par la suite. Cette technique ne prend que quelques minutes à effectuer, le temps variant largement en fonction de l'étendue du site à enregistrer.

Pour obtenir des images de qualité, lesquelles seront plus facilement traitées et offriront nécessairement plus de précision, il est primordial d'éviter les variations de lumière entre les prises de photos. Il est donc très facile d'utiliser cette technique lors des jours nuageux ou alors de prévoir des bâches blanches pour couper le maximum de lumière sans modifier la couleur des pigments.

Bref, dès la première visite sur le site en 2018, des cibles de référence ont été disposées à chaque coin de la reconstitution paléohistorique, à dix centimètres de distance du périmètre des mètres carrés, afin d'effectuer de la photogrammétrie. Des séries de photogrammétrie ont été effectuées à chaque visite subséquente sur les lieux, soit en juin et en octobre 2019. Contrairement à la première série, les repères utilisés par la suite étaient colorés et au nombre de huit, pour maximiser la précision des photos lors du recollage.

#### 4.4.2 Traitement des photos

La reconstitution numérique des deux sites expérimentaux, soit de cinq séries de photos au total, est effectuée à l'aide du logiciel *Agisoft Metashape*. Pour chaque série de photos, les images sont ajoutées puis traitées avec une précision « haute » (entre 1 et 3 millimètres de variation). Les photos sont alignées par le logiciel puis révisées par une technicienne. Il est possible d'ajouter des points de repère à la main dans *Agisoft* permettant par le fait même d'améliorer la précision des photos. Une fois l'alignement complété de chacune des images; un nuage de points dense est créé. Plus il y a de points, plus la précision est grande. La série de photos est ensuite apposée sur son nuage de points, complétant les espaces vides laissés par le traitement. Une reconstitution en trois dimensions du site est alors générée numériquement.

Il est possible en manipulant les caméras du logiciel d'obtenir différentes vues du site. Pour le bien de la recherche, une vue du dessus est préférable. Une orthomosaïque, soit le redressement géométrique des photos, sans perspective, pour permettre une superposition quasi parfaite des points par rapport au site d'origine, est alors créée et enregistrée au format *jpeg* ou *tiff* pour en favoriser la manipulation. Au total, cinq orthomosaïques ont donc générées par *Agisoft*.

#### 4.4.3 Calcul du déplacement des artefacts.

Depuis les plans de surface, il est possible de calculer la distance parcourue par les artefacts grâce à leurs coordonnées en calculant la distance entre deux points, soit le positionnement initial et le positionnement final. Le calcul de la distance est possible grâce à la formule générale suivante :

$$d(A, B) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (1)$$

Où  $d$  représente la distance, A et B sont respectivement les points initiaux et finaux et  $x$  et  $y$  sont les coordonnées sur l'axe des abscisses (ouest) et des ordonnées (nord) des points initiaux et finaux.

Dans le cas des éclats de quartzite, l'étalement de l'amas sera calculé en mesurant la distance entre le point central et le point le plus éloigné de l'amoncellement. L'augmentation ou la diminution de la distance indiquera le comportement de l'étalement, ainsi que le sens de ce dernier.

Pour évaluer le déplacement des objets enregistrés grâce à la photogrammétrie, il est nécessaire d'introduire la reconstitution numérique du site pour chaque série dans le logiciel de géomatique *ArcGIS Pro*. Une fois géoréférencés dans le logiciel, il est possible de faire

une superposition des orthomosaïques et de mesurer, à l'aide de l'outil de mesure intégré, le déplacement des artefacts et l'étalement des amoncellements d'éclats dans le temps.

En théorie, si la photogrammétrie est effectuée parfaitement, les orthomosaïques seront parfaitement superposées et la marge d'erreur sur les mesures ne devrait pas dépasser 0.5 cm. Évidemment, la marge d'erreur est grandement influencée par la qualité des photos.

Avec les résultats des plans et ceux des séries de photos, il est ensuite possible d'évaluer les différences entre les données collectées de la façon traditionnelle et les données collectées à l'aide des outils géomatiques. À ce moment, il pourra être possible d'amener une piste de réflexion à propos de l'intégration des outils géomatiques en archéologie expérimentale. Aussi, à partir de ces données d'observation, des hypothèses pourront être émises à propos des processus taphonomiques les plus susceptibles d'avoir fait subir les modifications observées et calculées à l'assemblage archéologique expérimental.

#### **4.5 Conclusion**

En somme, puisque la littérature ne contient pas de méthodologie d'observation et d'analyse des déplacements d'un assemblage archéologique dans un contexte forestier boréal, il a été décidé d'en créer une en s'inspirant d'expériences déjà existantes et d'ajouter des éléments nouveaux tels que les puces RFID, les objets de plastiques et l'analyse grâce aux logiciels de géomatique. Le maximum d'information à propos des objets et du site a été amassé d'abord en laboratoire puis directement sur le terrain grâce à des plans de surface et de la photogrammétrie. Pour évaluer le déplacement horizontal de l'assemblage archéologique expérimental, il a été choisi de procéder en deux méthodologies distinctes : la première consistant à calculer la distance entre deux points à partir des plans de surface, la



seconde à partir d'une orthomosaïque générée par le logiciel *Agisoft* puis calculée grâce aux outils du logiciel *ArcGIS Pro*. Depuis les résultats, il est alors possible d'établir la marge d'erreur entre les deux méthodologies puis d'élaborer une piste de réflexion quant à l'utilisation de la géomatique dans un contexte d'archéologie expérimentale.

## CHAPITRE 5

### RÉSULTAT

#### 5.1 Résultat de l'expérimentation à partir des plans de surface

À trois reprises, des plans de surface ont été produits pour le premier site expérimental, et à deux reprises pour le second site. Avant d'enregistrer les données, la lecture des pièces a été effectuée à l'aide du lecteur RFID. Malgré les intempéries, les puces ont toujours été en mesure de transmettre efficacement leur signal. Il est important de rappeler que les artefacts avaient été équipés de puces, lorsque possible, dans l'optique de retracer plus aisément les artefacts expérimentaux dans l'éventualité où ceux-ci seraient recouverts par le couvert végétal. Dans le cas présent, la végétation n'a pas recouvert les objets de façon assez importante pour justifier l'utilisation des puces RFID.

##### 5.1.1 Site expérimental 1

Pour chacune des pièces expérimentales, un point fixe a été identifié sur le plan de surface de novembre 2018 (Annexe 5), puis les coordonnées ont été notées dans le tableau 5 à la façon d'un plan cartésien. Les coordonnées du même point ont ensuite été reprises sur les plans de juin 2019 (Annexe 6) et d'octobre 2019 (Annexe 7) à des fins comparatives. À partir des couples de coordonnées, il a été possible de calculer le déplacement des objets en utilisant une formule de distance telle que présentée à la partie 4.3.3 du précédent chapitre.

Une mesure d'incertitude a également été ajoutée au tableau 5. En règle générale, la mesure d'incertitude correspond à la moitié de la valeur de la plus petite unité sur l'outil de mesure utilisé. Bien que les mètres rubans utilisés soient gradués en millimètre, les mesures

sont toujours prises au centimètre près. Ainsi la mesure d'incertitude devrait être de 0.5 cm. Dans le cas actuel, il faut considérer l'incertitude à l'endroit où la mesure est prise sur le mètre ruban, mais également l'incertitude au zéro, soit à l'endroit où le ruban a été placé pour prendre la mesure. Il est donc préférable de multiplier par deux l'incertitude sur la lecture. L'incertitude a donc été évaluée à  $\pm 1$  cm.

Tableau 5 : Déplacements des artefacts du site 1

Automne 2018 à Automne 2019 (site 1)									
Artefact	Coordonnée initiale (A)		Coordonnée secondaire (B)		Coordonnée finale (C)		Déplacement initial (d(A,B)) en cm	Déplacement final (d(A,C)) en cm	Incertitude (cm)
	Abscisse	Ordonnée	Abscisse	Ordonnée	Abscisse	Ordonnée			
Grattoir	-80	-40	-84	-37	-85	-48	5	9	$\pm 1$
Pointe	-80	-40	-86	-37	-87	-51	7	13	
Poterie	-10	23	2	37	-7	24	18	3	
Nucléus	X	X	60	48	58	53	X	5	
Biface	-83	-30	-88	-27	-87	-36	6	7	
Hachette	86	-80	84	-76	84	-78	4	3	
Percuteur	50	64	54	86	38	92	22	30	

Quelques éléments sont notables dans le précédent tableau. D'abord, en ce qui a trait au nucléus, puisque ce dernier n'a pas été dessiné sur le premier plan de surface (novembre 2018) par mégarde, le déplacement final a simplement été calculé en fonction des deux derniers plans de surface. De ce fait, il est noté seulement un seul déplacement de  $5 \text{ cm} \pm 1$  cm d'incertitude.

Ensuite, on constate un déplacement de 18 cm pour la poterie expérimentale entre le plan 1 et le plan 2, mais seulement un déplacement de 3 cm entre le plan 1 et le plan 3. Cette donnée aberrante s'explique par une erreur de retranscription des données. En effet, en observant les plans de surface (annexe 5 à 7) on remarque que la poterie (numéro 4 sur les plans) a un effet miroir. Sans doute qu'au moment de la prise des mesures, une erreur de communication s'est glissée entre l'individu prenant les mesures et celui les retranscrivant. La seule donnée fiable serait donc le déplacement final de l'objet, lequel serait de  $3 \text{ cm} \pm 1$

cm. Aussi, toujours en considérant l'intervalle d'incertitude, on peut considérer, pour la hachette et le biface, qu'il n'y a pas eu de déplacements notables des deux pièces expérimentales entre le déplacement initial et final<sup>2</sup>.

On peut remarquer, à l'exception du percuteur, que le mouvement initial des pièces se situe entre 5 cm et 7 cm  $\pm$  1 cm et le déplacement final ajoute 4 cm à 8 cm  $\pm$  1 cm à la donnée. Le mouvement initial du percuteur est particulièrement important, s'élevant à 22 cm  $\pm$  1 cm, sans doute en raison de sa forme arrondie qui favorise les déplacements horizontaux.

Concernant les éclats, en raison des conditions météorologiques défavorables et de la complexité de leur disposition, il a été choisi de ne pas retranscrire ceux-ci sur les plans de surface. Ils ont seulement été relevés sur la photogrammétrie, permettant tout de même une comparaison visuelle dans le temps.

### 5.1.2 Site expérimental 2

Comme pour le précédent site, un point fixe a été identifié pour chaque pièce expérimentale à partir du plan initial, soit celui de juin 2019 (Annexe 8) dans le présent cas, puis les coordonnées ont été notées dans le tableau 6. Les coordonnées des mêmes points ont ensuite été reprises sur le plan d'octobre 2019 (Annexe 9) à des fins comparatives. À partir des couples de coordonnées, la même formule de distance du précédent chapitre a été appliquée. Le même intervalle d'incertitude a été appliqué pour ce tableau pour les mêmes raisons évoquées précédemment.

---

<sup>2</sup> Le déplacement est considéré comme nul, car la différence, pour les deux pièces, entre le déplacement initial et final étant de 1 cm, l'intervalle d'incertitude annule la donnée puisque celle-ci est égale ou inférieure à l'intervalle de  $\pm$  1 cm.

Tableau 6 : Déplacements des artefacts du site 2

Été 2019 à Automne 2019 (site 2)						
	Coordonnée initiale (A)		Coordonnée finale (B)		Déplacement (d(A,B)) en cm	Incertitude (cm)
Artefact	Abscisse	Ordonnée	Abscisse	Ordonnée		
Grattoir	-51	-3	-46	-4	5	± 1
Pointe	-91	-2	-88	-1	3	
Poterie	48	5	46	8	4	
Nucléus	90	4	89	9	5	
Biface	0	-6	7	0	9	
Hachette	0	77	-4	70	8	
Percuteur	0	-90	61	-64	66	

Contrairement au tableau 5, le tableau 6 a des données beaucoup plus régulières, sans doute en raison de la disposition plus simple qui diminue le risque d'erreur humaine. Ici, à l'exception du percuteur qui, en raison de sa forme arrondie, a bougé significativement plus par rapport au reste de l'ensemble, les objets ont tous enregistré un déplacement variant entre 3 cm à 9 cm  $\pm$  1 cm. Bref, en considérant les deux sites et les trois mesures de déplacement, le tout en éliminant les données aberrantes, on peut affirmer qu'en moyenne les objets ont subi un déplacement entre 4 cm à 8 cm  $\pm$  1 cm de novembre 2018 à octobre 2019.

Dans un autre ordre d'idée, en ce qui a trait aux amas d'éclats, on peut remarquer sur les plans de surface aux annexes 8 et 9, quatre amas d'éclats. En juin 2019, les amas avaient respectivement, pour les mètres au N-O, N-E et S-O des diamètres de 10 cm et de 8 cm pour le mètre S-E. En octobre 2019, le mètre N-O avait un amas d'éclats de 10 cm de diamètre, de 6 cm pour le N-E, un diamètre de 6 cm pour le S-E et simplement un éclat visible pour le mètre S-O (44 N, 51 O). On peut donc conclure que le diamètre des amas d'éclats a rétréci en moyenne de 2 cm à 4 cm  $\pm$  1 cm.

En résumé, les artefacts expérimentaux, sur une période d'un peu moins d'un an, ont en moyenne subi un déplacement horizontal variant entre 4 cm et 8 cm  $\pm$  1 cm, et les amas d'éclats ont vu leur diamètre rétrécir de 2 cm à 4 cm  $\pm$  1 cm.

## **5.2 Résultat de l'expérimentation à partir de la photogrammétrie**

À chaque visite sur les lieux de l'expérimentation, des séries de photos ont été effectuées pour chaque site puis traitées dans le logiciel *Agisoft metashape* tel qu'expliquer au chapitre 4. Cinq orthomosaïques (Annexe 10 à 15) ont donc été produites puis ajoutées au logiciel *ArcGIS Pro* et enfin géoréférencées.

Il est à noter qu'en procédant de cette façon, la précision du logiciel n'est pas à son maximum. Pour améliorer les résultats, il serait nécessaire de produire une carte géoréférencée du terrain à l'aide d'une station totale, permettant de positionner les objets en fonction de leurs coordonnées en x, y et z elles-mêmes géoréférencées. Aussi, puisque les photos sont réalisées par l'humain, des déformations et des imprécisions se glissent et ressortent lors du maillage et l'alignement des orthomosaïques. Alors que dans des conditions optimales il serait possible d'obtenir un paramètre d'incertitude allant de 0.1 cm à 0.5 cm, les déformations et le référencement incomplet du site donnent plutôt dans le cas présent une incertitude de  $\pm$  2.5 cm.

### **5.2.1 Site expérimental 1**

Pour la première photogrammétrie, malgré le couvert nuageux, de nombreux pixels de l'orthomosaïque (Annexe 10) ont été brûlés par la lumière en raison de la neige environnant le site. En effet, la luminosité de la neige a créé des reflets sur la peinture jaune réfléchissante des artefacts, créant ce qu'on pourrait qualifier de « trou » d'information. Il

est encore possible de discerner les limites des artefacts, mais leur centre est vide. L'image est également très pâle, comme si un filtre blanc avait été appliqué sur la photo. Dans le cas des deuxième et troisième photogrammétries, des bâches blanches ont été utilisées pour couvrir la lumière lorsque nécessaire. Les pixels ont tout de même été « brûlés » en raison de la peinture réfléchissante appliquée sur les artefacts expérimentaux.

Afin d'assurer la plus grande homogénéité, les mêmes points de référence sélectionnés sur les plans de surface des sites expérimentaux ont été reportés et mesurés d'une orthomosaïque à l'autre. Pour effectuer le calcul de distance parcourue par un artefact, l'outil de mesure intégré dans le logiciel *ArcGIS Pro* a été utilisé.

Tableau 7 : Déplacements des artefacts du site 1 - Photogrammétrie

Automne 2018 à Automne 2019 (Site 1)			
	Déplacement A-2018 à E-2019	Déplacement A-2018 à A-2019	Incertitude (cm)
Grattoir	2,5	3,5	± 2,5
Pointe	5,5	6,5	
Poterie	3,5	6,5	
Nucléus	2,5	12,0	
Biface	2,0	4,5	
Hachette	0,5	0,5	
Percuteur	25,5	29,0	

Le tableau 7 montre les déplacements initiaux et les déplacements finaux des artefacts disposés sur le premier site expérimental. Selon les données recueillies grâce à la photogrammétrie, force est de constater, considérant l'incertitude de  $\pm 2.5$  cm, que seuls la pointe, la poterie et le percuteur ont subi des déplacements entre novembre 2018 et juin 2019. La pointe a subi un déplacement initial minimal de 3 cm et maximal de 8 cm. Le déplacement

initial de la poterie se situe entre 1 cm et 6 cm. En ce qui concerne le percuteur, il s'agit de l'artefact expérimental ayant subi le plus grand déplacement initial, ce dernier étant de  $25.5 \text{ cm} \pm 2.5 \text{ cm}$ .

Concernant les déplacements finaux, seuls le nucléus, le percuteur et la poterie, ont subi des déplacements entre novembre 2018 et octobre 2019<sup>3</sup>. En excluant toujours le percuteur, les artefacts ont bougé minimalement entre 3 cm et  $10 \text{ cm} \pm 2.5 \text{ cm}$ . Pour le percuteur, le déplacement total s'élève à  $29 \text{ cm} \pm 2.5 \text{ cm}$ .

En ce qui a trait aux éclats, comme mentionné au point 4.1.1, ces derniers ont été disposés de façon aléatoire et n'ont pas été notés sur les plans de surface. L'évolution de leur déplacement est donc visible essentiellement grâce à la photogrammétrie.



Figure 19 : Site expérimental 1, mètre N-E, novembre 2018.

---

<sup>3</sup> Le déplacement est considéré comme nul pour le reste de l'assemblage expérimental, car la différence entre le déplacement initial et final est égal ou inférieur à l'intervalle d'incertitude  $\pm 2.5 \text{ cm}$ .



La figure 19 illustre la disposition des éclats dans le site expérimental 1, plus particulièrement dans le mètre N-E à l'automne 2018 (voir annexe 10). Il est possible d'y observer un amas de très petits éclats en bas à droite, des éclats de classe dimensionnelle 7 à 9 au centre et enfin une vingtaine d'éclats à proximité du percuteur.



Figure 20 : Site expérimental 1, mètre N-E, juin 2019.

En un peu plus de six mois, à la fonte des neiges, le site expérimental laissait voir seulement quatre éclats dans le mètre nord-est (figure 20). La classe dimensionnelle de ses quatre éclats variait entre 5 et 9. Le renforcement des éclats était visible sur leur extrémité. Tout porte à croire que le poids de la neige et de l'eau a favorisé le déplacement vertical des éclats plutôt que leur étalement horizontal.



Figure 21 : Site expérimental 1, mètre N-E, octobre 2019.

Enfin, en octobre 2019 (figure 21), la dernière prise de données a permis de constater la présence d'un éclat de classe dimensionnelle 8 à proximité du percuteur et de quelques petits éclats sans doute vestige de l'amas initial en bas à droite. Ceux-ci n'étant pas visibles sur la figure 22, il est probable qu'ils aient remonté à la surface, conséquence peut-être de la pousse de la végétation ou du gel au sol ayant eu lieu quelques jours précédents la prise des données.

### 5.2.2 Site expérimental 2

Les deux orthomosaïques de ce second site n'ont pas montré de problématique particulière. En effet, grâce à la peinture bleu matte, aucun reflet de lumière n'a été capté par la lentille de l'appareil photo, gardant intacts les pixels. Comme pour le premier site, une correspondance a été faite entre les points utilisés pour effectuer les calculs de distance sur

plan de surface et les orthomosaïques. L'outil de mesure intégré à *ArcGIS Pro* a été utilisé afin d'obtenir une mesure de distance parcourue.

Tableau 8 : Déplacements des artefacts du site 2 - Photogrammétrie

Été 2019 à Automne 2019 (site 2)		
	Déplacement E- 2019 à A-2019	Incertitude (cm)
Grattoir	3,0	± 2,5
Pointe	1,5	
Poterie	1,0	
Nucléus	2,0	
Biface	8,0	
Hachette	11,5	
Percuteur	68,5	

Du tableau 8, il ressort que seuls le grattoir, le biface, la hachette et le percuteur ont subi un déplacement entre l'hiver 2019 et l'automne 2019. À l'exception du percuteur, les déplacements varient entre 3 cm et 11.5 cm ± 2.5 cm. Pour le percuteur, le déplacement est plus important avec 68.5 cm ± 2.5 cm

Tableau 9 : Évolution du diamètre des amas d'éclats sur le site expérimental 2 entre l'hiver 2019 à l'automne 2019

Évolution du diamètre des amas d'éclats de l'été 2019 à l'automne 2019 en fonction des mètres			
	Diamètre E- 2019	Diamètre A- 2019	Incertitude (cm)
Mètre N-E	7,5	4	± 2,5
Mètre N-O	12	5	
Mètre S-E	5	1,5	
Mètre S-O	X	X	

Les diamètres des amas d'éclats disposés sur le second site expérimental ont été mesurés à l'aide de l'outil de mesure disponible à l'intérieur du logiciel *ArcGIS Pro* directement sur les orthomosaïques. Le tableau 9 montre l'évolution du diamètre des amas d'éclats dans chaque mètre entre l'hiver 2019, soit le moment de leur disposition, et l'automne 2019 lors de la prise des données. L'intervalle d'incertitude demeure  $\pm 2.5$  cm. Il est à noter qu'il n'a pas été possible de mesurer le diamètre de l'amas d'éclats dans le mètre sud-ouest. Ces derniers n'étaient pas suffisamment visibles pour la photogrammétrie. Pour les trois mètres restants, on peut constater une diminution du diamètre des amas d'éclat variant entre 3.5 cm et 7 cm  $\pm 2.5$  cm.

En résumé, en comparant les résultats du site 1 et du site 2, on constate que malgré l'intervalle d'incertitude plus important comparativement aux plans de surface, les artefacts expérimentaux ayant subi un déplacement, à l'exception des percuteurs, ont un résultat semblable. Les déplacements sur le site expérimental 1 sont de l'ordre de 3 cm à 10 cm  $\pm 2.5$  cm alors que ceux du site 2 varient entre 3 cm et 11.5 cm  $\pm 2.5$  cm. Considérant la proximité entre les valeurs supérieures des deux sites, il est juste de postuler qu'en moyenne les assemblages archéologiques expérimentaux ont subi un déplacement total de 3 cm à 11 cm  $\pm 2.5$  cm. Quant aux éclats du site expérimental 2, la réduction du diamètre des amas de juin 2019 à octobre 2019 est de 3.5 cm et 7 cm  $\pm 2.5$  cm.

### **5.3 Conclusion**

Malgré le potentiel de précision supérieur des logiciels de géomatique, les données produites avec la méthode traditionnelle malgré quelques erreurs de retranscription ont offert des résultats plus précis que la photogrammétrie avec un intervalle d'incertitude de seulement  $\pm 1$  cm contre  $\pm 2.5$  cm. L'intervalle d'incertitude plus large de la

photogrammétrie s'explique par des imprécisions qui se sont glissées lors du maillage des séries de photos. Ces imprécisions découlent de la qualité des photos. Plus les photos sont homogènes, c'est-à-dire droites, sans tremblement, avec une luminosité adéquate et avec des repères photogrammétriques évidents et constants, plus la qualité des orthomosaïques est supérieure.

Du côté des plans de surface, les résultats ont montré que tant sur le site 1 que sur le site 2, les artefacts expérimentaux, à l'exception du percuteur, ont subi un déplacement de l'ordre de 4 cm à 8 cm  $\pm$  1 cm. Quant à la photogrammétrie, les résultats s'élèvent en moyenne à 3 cm à 11 cm  $\pm$  2.5 cm.

Les résultats des déplacements du percuteur sont toujours exclus, peu importe le site et la méthodologie, car les déplacements de ce dernier sont beaucoup plus importants en termes de distance. Il est intéressant toutefois de constater que les résultats sont assez semblables si l'on compare les résultats du plan de surface et de la photogrammétrie. En effet, alors que pour le site 1 les plans de surface présente un déplacement total de 30 cm  $\pm$  1 cm, la photogrammétrie donne un résultat total de 29 cm  $\pm$  2.5 cm. Pour le site 2 le résultat obtenu à partir des plans de surface s'élève à 66 cm  $\pm$  1 cm et à 68.5 cm  $\pm$  2.5 cm pour la photogrammétrie.

Enfin, concernant les amas d'éclats, les plans de surface du site expérimental 2 ont montré une réduction des diamètres des amas variant entre 2 cm à 4 cm  $\pm$  1 cm. Du côté de la photogrammétrie, on obtient un intervalle de 3.5 cm à 7 cm  $\pm$  2.5 cm. Au mieux, en utilisant simplement les valeurs minimales obtenues avec la photogrammétrie, il est possible de se rapprocher des résultats des plans de surface avec un intervalle de 1 cm à 4.5 cm. On peut avancer que les résultats sont semblables, quoique loin d'être similaire.

## CHAPITRE 6

### DISCUSSION

À la lumière des résultats de l'expérimentation menée entre novembre 2018 et octobre 2019, certains éléments de réflexion sont ressortis quant aux résultats et à l'expérimentation.

#### **6.1 Comparaison entre la méthodologie traditionnelle et la photogrammétrie/géomatique.**

Du point de vue des résultats, que l'on choisisse une méthodologie ou l'autre, une constante ressort quant à la distance totale parcourue par les artefacts en un peu moins d'un an. Du côté de la méthodologie traditionnelle, l'assemblage archéologique expérimental a subi un déplacement de l'ordre de 4 cm à 8 cm  $\pm$  1 cm. Du côté de la photogrammétrie, en raison de la mesure d'incertitude plus grande et de la qualité moindre des séries de photos, on obtient un déplacement moyen de 3 cm à 11 cm  $\pm$  2.5 cm. Il est intéressant de voir ressortir cette donnée pour un an. De ce point de vue, il est pertinent de poursuivre l'expérimentation afin de constater si les déplacements se poursuivront au même rythme ou non au cours des années suivantes.

Concernant les éclats, alors que sur le site 1 on constate clairement la diminution du nombre d'éclats, le site 2 nous le confirme tant par la photogrammétrie que par les plans surface. En effet, il a été démontré que les diamètres des amas d'éclats ont subi une réduction de 2 cm à 4 cm  $\pm$  1 cm selon les plans de surface et de 3.5 cm à 7 cm  $\pm$  2.5 cm selon la photogrammétrie. Tout porte à croire que les éclats ont été plus sensibles au déplacement vertical plutôt qu'horizontal, ce paramètre n'étant pas évalué au cours de l'expérimentation

de novembre 2019 à octobre 2019. Selon les résultats, on pourrait avancer que la grosseur des éclats a un effet sur la rapidité à laquelle ceux-ci sont recouverts par le sol. En effet, plus les éclats appartiennent à une classe dimensionnelle supérieure, plus ils ont tendance à rester en surface du sol, à agir comme un artefact, particulièrement pour les classes 7 à 9. À première vue, les plus petits éclats ont tendance à s'enfoncer rapidement dans le sol. Il serait intéressant de reproduire l'expérience avec une méthodologie plus précise pour mesurer la perturbation des amas d'éclats, d'abord en considérant les éclats des classes dimensionnelles 7 à 9 comme des objets, donc en notant précisément leurs coordonnées, puis en testant l'enfouissement en fonction de la classe dimensionnelle. Il serait d'autant plus pertinent d'introduire différentes matières premières afin de déterminer si la composition (masse et granulométrie) du matériel a un effet sur la rapidité d'enfouissement.

Maintenant, concernant plus précisément les deux méthodologies, il convient de comparer la rapidité d'exécution et la précision de celles-ci. D'abord, les plans de surface se présentent comme la méthodologie traditionnellement utilisée pour l'acquisition des données archéologiques sur le terrain. La précision de cette méthodologie dépend entièrement de la minutie de l'archéologue ou du technicien. L'erreur étant humaine, des détails peuvent échapper à l'œil de l'archéologue ou une coordonnée être mal notée par inadvertance. Concernant la vitesse d'exécution, plus un site est complexe, plus le temps nécessaire à la production du plan de surface sera important. Aussi, il ne faut pas oublier que les sites archéologiques sont à l'extérieur et donc soumis aux intempéries. Produire un plan de surface sous la pluie, la neige ou en compagnie d'une quantité phénoménale d'insectes est loin d'être

une activité plaisante<sup>4</sup>. La concentration est affectée et le travail effectué à la course. Ces conditions se reflètent assurément dans la prise de données.

À propos de la photogrammétrie le temps d'exécution sur le terrain est grandement diminué, la prise de photo ne demandant que quelques minutes par mètre carré, mais il est nécessaire de toujours garder à proximité des bâches ou tout autre élément pouvant couvrir efficacement un surplus d'éclairage. En effet, une luminosité trop importante a pour effet de brûler les pixels des photos, causant par le fait même une perte de données et l'ajout d'incertitude lors du maillage des séries de photos dans *Agisoft*. Aussi, la précision des résultats dépend de la qualité des photos produites par l'archéologue ou le technicien, de la capacité du logiciel de photogrammétrie à produire une orthomosaïque de qualité puis du logiciel de géomatique à géoréférencer l'image et à prendre des mesures justes. La très grande majorité des imprécisions restent cependant liées à la qualité des photos prises sur le terrain, ces dernières étant cruciales pour la suite de l'analyse.

D'ailleurs, lors de la prise des photos, il est judicieux de se munir d'une perche. Lors de la prise des photos, il est nécessaire d'en prendre en grande quantité, le plus uniformément possible et avec un minimum de distance entre chaque prise afin de garder des points de références intéressants pour le maillage dans *Agisoft*. Par manque de portée, l'archéologue ou le technicien se voit dans l'obligation de marcher à l'intérieur de son mètre carré, produisant des perturbations non nécessaires et risquant d'endommager l'assemblage archéologique. La manipulation de l'appareil photo était ardue dans le cas d'un site d'à peine

---

<sup>4</sup> Chacune des situations ci-haut a été vécue par l'équipe lors des visites sur les sites expérimentaux.



quatre mètres carrés, il est possible d'imaginer les difficultés qui surgiront dans le cas d'un site historique qui peut s'étendre sur des dizaines de mètres carrés.

Enfin, bien que la prise des données soit moins longue sur le site archéologique, il est à noter qu'il faut considérer du temps de laboratoire pour compiler les données et produire les résultats. Il est aussi important d'avoir une connaissance au moins basique des logiciels de photogrammétrie et de géomatique, sans quoi il est simplement impossible de parvenir dans un temps raisonnable à la production d'un résultat satisfaisant.

On peut maintenant se demander si, dans la pratique archéologique, la photogrammétrie et la géomatique peuvent remplacer la méthodologie traditionnelle. En théorie, elles en ont certainement le potentiel, mais tant et aussi longtemps que l'intervalle d'incertitude restera plus élevé du côté de la photogrammétrie que sur les plans cartésiens, cette dernière méthode restera à privilégier. Rien n'empêche cependant de combiner les deux méthodes afin d'obtenir un meilleur portrait de la réalité une fois en laboratoire.

## **6.2 Limites de l'expérimentation**

Comme les résultats l'ont démontré, il y a bien eu des déplacements. Il est en revanche impossible de déterminer à cette étape-ci la source exacte de ces déplacements. L'actuelle expérimentation a permis de brosser un portrait général des déplacements subi par les assemblages expérimentaux. Pour cibler les phénomènes taphonomiques à l'origine des déplacements, il serait pertinent de produire des expérimentations en milieu contrôlé en ciblant des phénomènes afin d'évaluer leur impact individuel sur un assemblage archéologique.

En regard des assemblages archéologiques expérimentaux produits pour le bien de l'expérimentation, il faut bien sûr garder en tête que ceux-ci sont constitués d'une matière plastique assez lisse. Bien que les dimensions et le poids des artefacts expérimentaux soient relativement semblables à l'assemblage archéologique de référence, les propriétés physiques d'un plastique lisse sont loin d'être semblables à celles d'une matière lithique ou ostéologique. Pour des recherches futures, il serait pertinent de reproduire l'expérimentation avec de réelles pièces archéologiques afin de mesurer la marge d'erreur créée par le matériel et le lestage des pièces expérimentales.

Aussi, l'utilisation de puce RFID ne s'est pas révélée pertinente dans le cadre du présent projet. En effet, la végétation n'a pas pris assez d'importance en un an pour recouvrir les sites. Les pièces étaient donc toujours visibles. Il serait tout de même intéressant de garder le concept de puces, cette fois en s'inspirant de recherches produites par Maxime Boivin au département de géographie de l'UQAC. Ses recherches consistent à marquer avec des puces GPS hydrofuges des galets de rivières, permettant de suivre au millimètre près leur déplacement dans l'optique d'évaluer le débit des rivières et la modification des fonds par le fait même. Il serait intéressant de marquer de la même façon les artefacts, ce qui permettrait d'améliorer grandement la précision des résultats lors du calcul de distance à l'aide de la photogrammétrie puisque chacune des pièces serait géoréférencée dans un système de coordonnées connu. L'intervalle d'incertitude pourrait alors être réduit au minimum.

### **6.3 Conclusion**

En somme, la photogrammétrie et la géomatique sont sans contredit une méthodologie qui gagnerait à être utilisée plus fréquemment lors de l'acquisition de données archéologiques. Il faut cependant considérer que les photos sont prises par un humain, sauf

exception, dans un contexte rarement idéal. Des erreurs peuvent donc se glisser. Dans le cas de la présente expérimentation, les orthomosaïques produites avaient un paramètre d'incertitude de  $\pm 2.5$  cm. En améliorant la précision lors de la prise des photos et en produisant un géoréférencement du site archéologique expérimental, il serait possible de réduire au minimum cette incertitude sachant que les logiciels de géomatique tels que *ArcGIS Pro* ont la possibilité d'avoir une précision allant jusqu'à 1 mm.

L'expérimentation exposée dans le présent mémoire mérite d'être poussée plus loin en modifiant quelque peu la méthodologie : expérimentations en milieu contrôlé, poursuite de l'expérimentation actuelle et comparaison avec un assemblage archéologique réelle et l'ajout de puces GPS ne sont que quelques exemples qui permettraient d'enrichir la recherche.

## CONCLUSION

Le présent mémoire avait pour objectif d'établir **dans quelles mesures la photogrammétrie et les logiciels de géomatique permettent de jauger l'ampleur et les conséquences de phénomènes taphonomiques spécifiques à un milieu forestier boréal en lien avec les déplacements horizontaux de diverses composantes artéfactuelles faisant partie d'un assemblage expérimental.** À la suite d'une expérimentation ayant eu cours entre novembre 2018 et octobre 2019 sur deux sites archéologiques expérimentaux, fort est de constater que les assemblages archéologiques ont subi des déplacements horizontaux. Ceux-ci ont été notés à la fois sur des plans de surface, la méthodologie traditionnellement utilisés en archéologie, et par des séries de photos lesquelles ont permis de produire des orthomosaïques géoréférencées à l'aide d'un logiciel de géomatique.

Les résultats des plans de surface ont démontré que tant sur le site 1 que sur le site 2, les artefacts expérimentaux ont subi un déplacement de l'ordre de 4 cm à 8 cm  $\pm$  1 cm. Quant à la photogrammétrie, les résultats ont montré en moyenne un déplacement de 3 cm à 11 cm  $\pm$  2.5 cm. Des amas d'éclats de taille avaient aussi été disposés à l'intérieur du second site archéologique expérimental. Au nombre de quatre, ils ont tous vu leur diamètre diminuer entre juin 2019 et octobre 2019. La comparaison des plans de surface a montré une réduction du diamètre variant entre 2 cm à 4 cm  $\pm$  1 cm. Pour sa part, la photogrammétrie a donné un intervalle de 3.5 cm à 7 cm  $\pm$  2.5 cm.

Dans les deux sites, le percuteur s'est présenté comme une donnée aberrante, ayant subi des déplacements horizontaux de plus grande importance. Les résultats concernant ce

dernier sont étonnamment similaires avec, pour le site 1, un déplacement total de  $30 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$  pour les plans de surface et  $29 \text{ cm} \pm 2.5 \text{ cm}$  avec la photogrammétrie. Le déplacement obtenu avec les plans de surface pour le site 2 s'élève à  $66 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$  et à  $68.5 \text{ cm} \pm 2.5 \text{ cm}$  pour la photogrammétrie.

Malgré les imprécisions et les erreurs de manipulation qui se sont glissées on peut affirmer que les logiciels de photogrammétrie et de géomatique ont la capacité de jauger l'ampleur et les conséquences des phénomènes taphonomiques sur un assemblage archéologique. La méthodologie nécessite de la minutie et des connaissances particulières en géomatique, mais elle a le potentiel de réduire le temps passé à faire de l'acquisition de données archéologiques afin de maximiser le temps de fouille.

Comme toute expérimentation, certains aspects méritent d'être revus afin d'améliorer la méthodologie et d'obtenir une meilleure précision des résultats. À ce titre, les assemblages archéologiques expérimentaux devraient être produits en matières lithiques et ostéologiques afin de mesurer le déplacement d'artefacts réels sans le biais des propriétés physiques du plastique. Ensuite, l'étude de l'enfouissement des éclats devrait être précisée afin de bien déterminer la rapidité d'enfouissement de ceux-ci en fonction des classes dimensionnelles, mais également en fonction du type de matière lithique. Aussi, afin de préciser les résultats et mieux cibler l'ampleur de chaque phénomène taphonomique, des expérimentations en milieu contrôlé devraient être menées en parallèle.

Concernant le matériel, afin de maximiser la précision lors du géoréférencement des artefacts, il serait pertinent d'utiliser des puces GPS plutôt que des puces RFID. Aussi, une perche devrait être utilisée lors de la prise des photos afin d'offrir une plus grande portée au technicien ou à l'archéologue réalisant la photogrammétrie.

Comme mentionné dans le premier chapitre de cette recherche l'un des objectifs au terme de l'expérimentation était d'émettre une série d'hypothèse quant aux phénomènes taphonomiques spécifiques à un contexte forestier boréal ayant provoqué les déplacements des artefacts sur les sites expérimentaux.

De prime abord, les éléments les plus évidents sont la température et les précipitations, ensuite la présence de faune et enfin le type de sol.

#### Température et précipitation

Afin de brosser un portrait le plus exact possible de la température et des précipitations sur les sites expérimentaux, la station météorologique de rivière aux Écorces a été sélectionnée puisqu'elle est située à environ la même altitude que les sites expérimentaux (environ 365 m), et sur le même versant des Laurentides. À partir des données compilées par le Ministère de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques du Québec, il est possible de créer deux graphiques, l'un portant sur la température moyenne et le second sur les précipitations totales moyennes, tels que présentées aux figures 22 et 23.

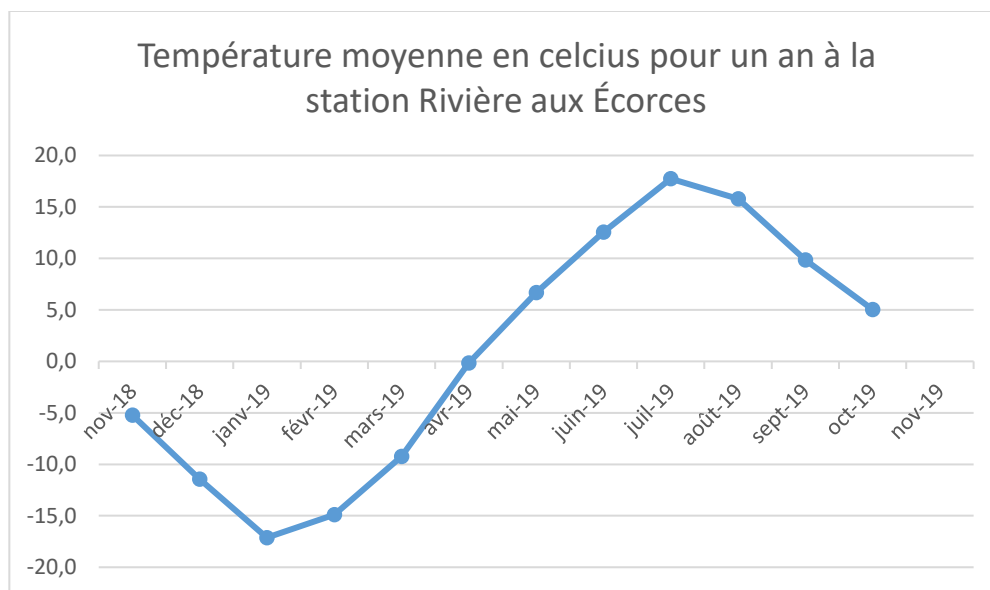


Figure 22 : Température moyenne relevée par la station météorologique de Rivière aux Écorces entre novembre 2018 et novembre 2019.

Sur la figure 22, il est possible d’observer la température moyenne pour chacun des mois entre novembre 2018 et octobre 2019, soit un peu après le dernier relevé sur les sites. Les six premiers mois de l’expérimentation ont eu lieu sous le point de congélation, à un moment où le sol est plus solide dû au froid. En ce sens, on peut avancer que le gel et le dégel ont eu un impact sur le déplacement des artefacts et des éclats. Il n’a pas été possible malheureusement dans le cadre de cette expérimentation d’étudier et de quantifier plus précisément les cycles de gel et de dégel du sol en raison de limites temporelles et financières. Temporelle, car il était nécessaire d’installer le plus rapidement possible les sites avant le gel et qu’il n’était pas possible dans ces conditions d’attendre l’arrivée du matériel nécessaire à la prise de données. Financière, car l’achat de puces pour faire la lecture des cycles de gel et dégel était dispendieux.

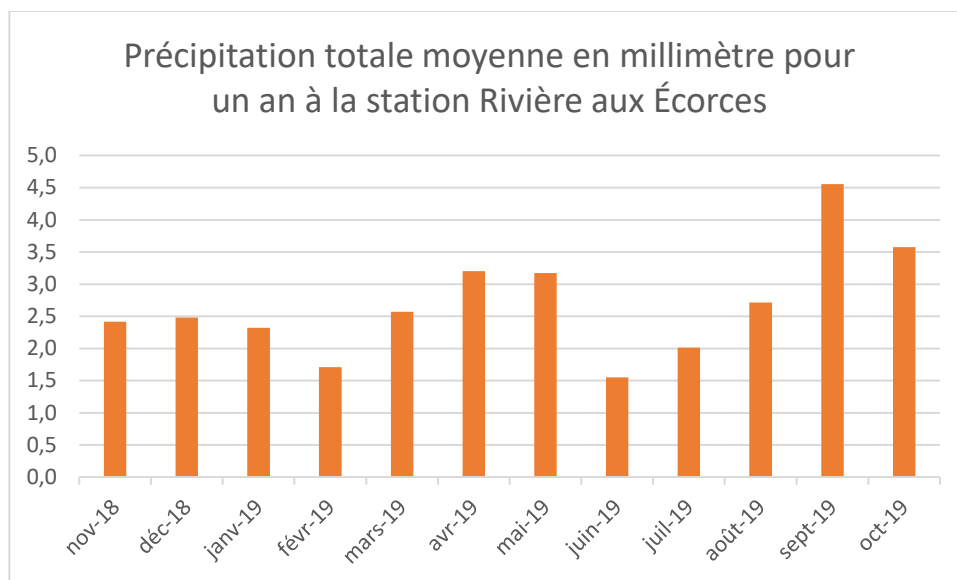


Figure 23 : Précipitation totale moyenne en millimètre relevée par la station rivières aux Écorces entre novembre 2018 et novembre 2019.

Pour sa part, le graphique de la figure 23 montre la moyenne de précipitation mensuelle, tant liquide que solide, de novembre 2018 à octobre 2019. On constate ici une augmentation des précipitations lors des deux derniers mois de l'expérimentation. Le terrain choisi n'ayant pas de pente marquée, il est peu probable que les artefacts aient subi les effets du ruissellement. Cependant, la quantité d'eau, doublé au sol humique des sites expérimentaux, pourrait avoir favorisé l'enfouissement rapide des éclats.

### Faune et piétinement

La présence de grande faune dans la FERS est attestée, mais il n'est pas établi à quel endroit elle évolue précisément. On peut tout de même supposer la possibilité du passage occasionnel de grande faune sur le site, comme prouvé par les excréments trouvés à proximité du ruisseau, ce qui pourrait avoir favorisé le déplacement horizontal des artefacts en surface, particulièrement dans le cas du percuteur dont la distance parcourue est la plus



importante tous site et méthodologie confondus. Aussi, le poids de l'animal pourrait avoir un effet sur le déplacement vertical des éclats, mais puisqu'il n'est pas question d'un troupeau ou d'un passage emprunté fréquemment, peu porte à croire que les amas d'éclats ont été affectés par le passage de la grande faune.

### Type de sol

Dépendamment des caractéristiques des sols, les artefacts ayant été abandonnés à la suite d'une occupation voient leur positionnement initial changer de façon plus ou moins importante en fonction des processus taphonomiques qui auront cours. En surface, le podzol de la FERS est un humus meuble racinaire. En principe ni les artefacts ni les éclats n'auraient dû s'enfouir rapidement, à moins d'une humidification importante du terreau, ce qui semble avoir été le cas selon les relevés météorologiques. Dans le cas des deuxième et troisième horizons, lesquels sont beaucoup plus sablonneux, les artefacts ont sans doute assez de facilité à décanter sous l'effet naturel de la gravité, en plus d'être favorisés par les précipitations liquides.

Certes, il s'agit ici que de simples hypothèses basées sur une seule expérimentation. En renouvelant l'expérience et en produisant en parallèle des études de phénomènes taphonomiques préalablement ciblés dans le cadre d'expérimentations en contexte contrôlé, il serait fort possible d'émettre à moyen long terme un cadre interprétatif considérant l'ensemble des perturbations pouvant influencer un assemblage archéologique en milieu forestier boréal. Pour cela, il s'agira de poursuivre la présente recherche, laquelle s'est révélée n'être que la pointe d'un vaste iceberg.

## BIBLIOGRAPHIE

- Araujo, A. G. M., & Marcelino, J. C. (2003). The role of armadillos in the movement of archaeological materials: An experimental approach. *Geoarchaeology*, 18(4), 433-460. doi:10.1002/gea.10070
- Ascher, R. (1968). Time's arrow and archaeology of a contemporary community. In K. C. Chang (Ed.), *Settlement Archaeology* (pp. 43-52). Palo Alto: National Press Book.
- Association Nationale des Professionnels de la Neige de Culture. (2019, 2019). Connaissance de la neige. Retrieved from <http://www.anpnc.com/recueil/chapitre%203-p24-36.htm>
- Bertran, P., Bordes, J.-G., Todisco, D., & Vallin, L. (2017). Géoarchéologie et taphonomie des vestiges archéologiques : impacts des processus naturels sur les assemblages et méthodes d'analyses. In J.-P. Brugal (Ed.), *TaphonomieS* (pp. 123 à 156). Paris: Éditions des Archives Contemporaines.
- Bertran, P., Klaric, L., Lenoble, A., Masson, B., & Vallin, L. (2010). The impact of periglacial processes on Palaeolithic sites: The case of sorted patterned grounds. *Quaternary International*, 214(1), 17-29. doi:<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.10.021>
- Blanchet, P., & Hébert, M. (2010). *Les origines de la réserve faunique des Laurentides*. Retrieved from Québec: <https://shfq.ca/download/BLANCHET-HEBERT%20-%20Les%20origines%20de%20la%20reserve%20faunique%20des%20laurentides.pdf>
- Brochier, J. E., Villa, P., Giacomarra, M., & Tagliacozzo, A. (1992). Shepherds and sediments: Geo-ethnoarchaeology of pastoral sites. *Journal of Anthropological Archaeology*, 11(1), 47-102. doi:[https://doi.org/10.1016/0278-4165\(92\)90010-9](https://doi.org/10.1016/0278-4165(92)90010-9)
- Brugal, J.-P. (Ed.) (2017). *TaphonomieS*. Paris: Éditions des archives contemporaines.
- Centre de Géomatique du Québec. (2014). *Rapport technique. Étude de faisabilité sur l'utilisation des outils géomatique en archéologie nord-américaine*. Retrieved from Chicoutimi, Saguenay:
- CNRTL. (2012). Étymologie. Archéologie. Retrieved from <https://www.cnrtl.fr/etymologie/arch%C3%A9ologie>
- Collins, M. B. (1975). The sources of bias in processual data : an appraisal. In J. W. Mueller (Ed.), *Sampling in archaeology* (pp. 26-32). Tucson: University of Arizona Press.
- Conseil régional de l'environnement et du développement durable du Saguenay-Lac-Saint-Jean. (1999). *Les Etats généraux de l'environnement dix années à revoir... notre avenir, à prévoir et le plan d'action régional sur la diversité biologique du Saguenay-Lac-Saint-Jean : actes des Etats généraux de l'environnement tenus le 24 avril 1999 à L'Université du Québec à Chicoutimi*. Alma: CREDD.

- Conseillers forestiers Roy. (2009). *Plan général d'aménagement forestier Forêt d'enseignement et de recherche Simoncouche Pour la période entre le 1er avril 2008 et le 31 mars 2013*. Retrieved from Saguenay:
- Cowgill, G. L. (1970). *Some sampling and reliability problems in archaeology*. Paper presented at the Colloque Internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique Paris.
- Davtian, G. (2013). L'apport de la géomatique aux nouvelles recherches archéologiques en Asie centrale. *Cahiers d'Asie centrale*, 21(22), 573-585.
- DjinDjian, F. (2017). *L'Archéologie. Théorie, méthodes et reconstructions* (2 ed.). Paris: Armand Colin.
- Domínguez-Rodrigo, M., Fernández-López, S., & Alcalá, L. (2011). How can taphonomy be defined in the XXI Century? *Journal of Taphonomy*, 9(1), 1-13.
- Duchaufour, P. (1994). *Pédologie. Sol, végétation, environnement* (4e édition ed.). Paris: Masson.
- Efremov, I. (1940). Taphonomy : new branch of paleontology. *Pan-American Geologist*, 74, 81-93.
- Eren, M. I., Durant, A., Neudorf, C., Haslam, M., Shipton, C., Bora, J., . . . Petraglia, M. (2010). Experimental examination of animal trampling effects on artifact movement in dry and water saturated substrates : a test case from South India. *Journal of Archaeological Science*, 37, 3010-3021. Retrieved from
- Estrada-Belli, F., & Koch, M. (2007). Remote Sensing and GIS Analysis of a Maya City and Its Landscape: Holmul, Guatemala. In J. Wiseman & F. El-Baz (Eds.), *Remote Sensing in Archaeology* (pp. 263-281). New York, NY: Springer New York.
- Fédération canadienne de la Faune. (2019). Faune et flore du pays. Retrieved from <http://www.hww.ca/fr/espaces-sauvages/la-foret-boreale-canadienne.html>
- Friesem, D., Boaretto, E., Eliyahu-Behar, A., & Shahack-Gross, R. (2011). Degradation of mud brick houses in an arid environment: a geoarchaeological model. *Journal of Archaeological Science*, 38(5), 1135-1147. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.12.011>
- Friesem, D., Tsartsidou, G., Karkanas, P., & Shahack-Gross, R. (2014). Where are the roofs? A geo-ethnoarchaeological study of mud brick structures and their collapse processes, focusing on the identification of roofs. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 6(1), 73-92. doi:10.1007/s12520-013-0146-3
- Gifford, D. P. (1978). Ethnoarchaeological observations of natural processes affecting cultural materials. In R. A. Gould (Ed.), *Explanation in Ethnoarchaeology* (pp. 77-101). Albuquerque University of New Mexico Press.
- Gorecki, P. (1985). Ethnoarchaeology: The need for a post-mortem enquiry. *World Archaeology*, 17(2), 175-191. doi:10.1080/00438243.1985.9979961

- Gouvernement du Québec. (2019). Données climatiques. Retrieved from <http://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/donnees/OQcarte.asp>
- Groupe de travail sur les écorégions. (1989). *Régions écoclimatiques du Canada : première approximation*. Ottawa: Ministère des approvisionnements et services Canada.
- Hilton, M. R. (2003). Quantifying Postdepositional Redistribution of the Archaeological Record Produced by Freeze–Thaw and Other Mechanisms: An Experimental Approach. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 10(3), 165-202. doi:10.1023/a:1026027522255
- IUSS Working Group Wrb. (2015). *Base de référence mondiale pour les ressources en sols 2014. Système international de classification des sols pour nommer les sols et élaborer des légendes de cartes pédologiques. Mise à jour 2015* (F. B. e. X. L. Jean Chappelle, Trans. FAO ed.). Rome, Italie.
- Legros, J.-P. (2007). *Les grands sols du monde*. Espagne: Presses Polytechniques et Universitaire Romandes.
- Lenoble, A., Bertran, P., Lacrampe, F., Bourguignon, L., & Detrain, L. (2003). Impact de la solifluxion sur les niveaux archéologiques : simulation à partir d'une expérience en milieu actif et application à des sites paléolithiques aquitains. *Paléo*, 105-122.
- Lenoble, A., & Bordes, J.-G. (2001). Une expérience de pénétration et de résidualisation par ruissellement. In L. Bourguignon, I. Ortega, & M.-C. Frère-Sautot (Eds.), *Préhistoire et approche expérimentale*. Montagnac: Édition Monique Mergoil.
- Lyman, R. L. (2010). What Taphonomy Is, What it Isn't, and Why Taphonomists Should Care about the Difference. *Journal of Taphonomy*, 8(1), 16 p.
- Macphail, R. I., Cruise, G. M., Allen, M. J., Linderholm, J., & Reynolds, P. (2004). Archaeological soil and pollen analysis of experimental floor deposits; with special reference to Butser Ancient Farm, Hampshire, UK. *Journal of Archaeological Science*, 31(2), 175-191. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jas.2003.07.005>
- Marbouty, D. (1984). Les propriétés physiques de la neige. The physical properties of snow. *La Houille Blanche*, (8), 557-567. Retrieved from
- Markforged. (2018, 2018). Markforged Onyx One. Retrieved from <https://markforged.com/onyx-one/>
- McIntosh, R. J. (1977). The excavation of mud structures: An experiment from West Africa. *World Archaeology*, 9(2), 185-199. doi:10.1080/00438243.1977.9979695
- Raymond Wood, W., & Lee Johnson, D. (1978). A Survey of Disturbance Processes in Archaeological Site Formation *Advances in Archaeological Method and Theory*, 1, 315-381.
- Savard, M. (1989). *Pour que demain soit : l'état de l'environnement au Saguenay-Lac-Saint-Jean, pour un développement durable*. Chicoutimi: Éd. JCL.
- Schiffer, M. B. (1976). *Behavioral Archeology*. New York: Academic Press Inc. .

- Schiffer, M. B. (1987). *Formation Processes of the Archaeological Record* (2 ed.). Salt Lake City: University of Utha Press edition.
- Schiffer, M. B. (1995). *Behavioral Archaeology. First Principles* (Foundations of Archaeological Inquiry ed.). Salt Lake City.
- SÉPAQ. (2019). Réserve faunique des Laurentides. Retrieved from <https://www.sepaq.com/rf/lau/portrait.dot>
- Shahack-Gross, R. (2017). Archaeological formation theory and geoarchaeology: State-of-the-art in 2016. *Journal of Archaeological Science*, 79, 36-43. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jas.2017.01.004>
- Shahack-Gross, R., Marshall, F., & Weiner, S. (2003). Geo-Ethnoarchaeology of Pastoral Sites: The Identification of Livestock Enclosures in Abandoned Maasai Settlements. *Journal of Archaeological Science*, 30(4), 439-459. doi:<https://doi.org/10.1006/jasc.2002.0853>
- Stewart, A. (2006). Podzol. Podzol soil profile uncovered by a digger. In: [geograph.org.uk](http://geograph.org.uk).
- Texier, J.-P. (2000). A propos des processus de formation des sites préhistoriques / About prehistoric site formation processes. *Paléo, Revue d'Archéologie Préhistorique*, 379-386.
- Université du Québec à Chicoutimi. (2019). Forêt d'enseignement et de recherche Simoncouche. Retrieved from <http://www.uqac.ca/fers/>
- Vallin, L., Caspar, J.-P., Guillement, G., Masson, B., & Ozouf, J.-C. (2013). Altérations des artefacts préhistoriques en silex par les processus périglaciaires : présentation des expériences conduites au centre de géomorphologie du CNRS de Caen. *Quaternaire*, 24(3), 259-266. doi:10.4000/quaternaire.6658
- Wayne Stoops Jr., R. (1989). *An Experimental Examination of Trampling Effects on the Lateral Movement of Surface Artifacts*. (Thèse), University of Tennessee, Knoxville. Retrieved from [http://trace.tennessee.edu/utk\\_gradthes/4162](http://trace.tennessee.edu/utk_gradthes/4162)
- Wiken, E. (1986). *Ecozones terrestres du Canada*. Ottawa: Environnement Canada, Direction generale des terres.
- Yoffee, N., & Fowles, S. (2010). L'archéologie dans les sciences humaines. [Archaeology in the Humanities]. *Diogenes*, 229-230(1), 51-77. doi:10.3917/dio.229.0051

## **ANNEXES**

Annexe 1 : Plan d'essai remis au Laboratoire International des Matériaux Antigivres. Test de résistance au froid des puces RFID.

### **Plan d'essai**

Dans le cadre d'un mémoire de Maîtrise en études et interventions régionales (MEIR), un site archéologique expérimental sera mis en place dans le but d'évaluer l'ampleur des déplacements initiaux d'artefacts artificiels. Les données quant aux déplacements des objets seront prises à l'aide de puces fonctionnant par radio-identification (RFID). Les puces, achetées en grande quantités (plus de 100) sur internet, n'avaient pas de fiches informatives. Ainsi, il n'est pas possible de déterminer si les puces seront en mesure de survivre à l'hiver saguenéen.

### **But**

Ainsi, afin de déterminer si les puces seront toujours fonctionnelles à la fin de l'hiver, il est demandé d'effectuer des tests de congélation. Ces tests permettront d'évaluer la durabilité et la résistance au froid des puces RFID.

### **Matériel**

- Congélateur programmé à -17°C et -27°C.
- Dix (10) puces RFID.
- Lecteur RFID
- Tableaux de données.

## **Protocole**

1. Déposer cinq (5) puces RFID dans le congélateur (info) à -17 °C; et cinq (5) puces RFID dans le congélateur (info) à -27 degrés,
2. Une à deux fois par jours (à l'exception des fins de semaine), pendant trois semaines, prendre la lecture des puces RFID à l'aide du lecteur. Indiquer l'heure et mentionner si les puces RFID ont pu être lues;
3. Dans le cas où une puce RFID n'est plus reconnue par le lecteur, l'indiquer dans le tableau des données. Attendre que la puce RFID dégèle et tenter une lecture. Mentionner si la puce est reconnue ou non;
4. Après trois semaines de collecte de données, retirer les puces restantes des congélateurs.



Annexe 2 : Tableaux de collecte de données remis au Laboratoire International des Matériaux Antigivres. Test de résistance au froid des puces RFID.

TABLEAU 1 : Puce RFID à -17°C

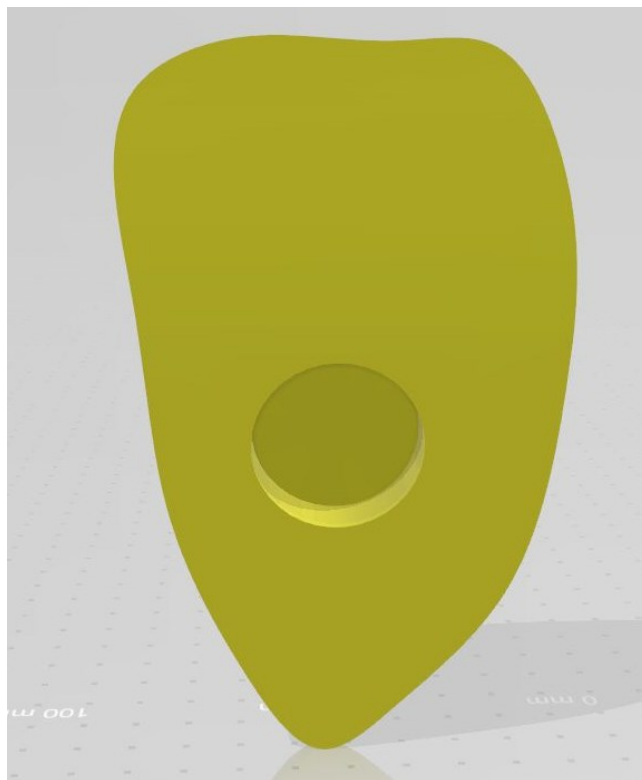
Date	Numéro de la puce	Première prise (vers +/-9h)	Troisième prise (vers +/- 15h)	Autres notes
Ex : 12-08-2018	004155	Fonctionnel	Non fonctionnel	Fonctionnel après décongélation

TABLEAU 2 : Puce RFID à -27°C

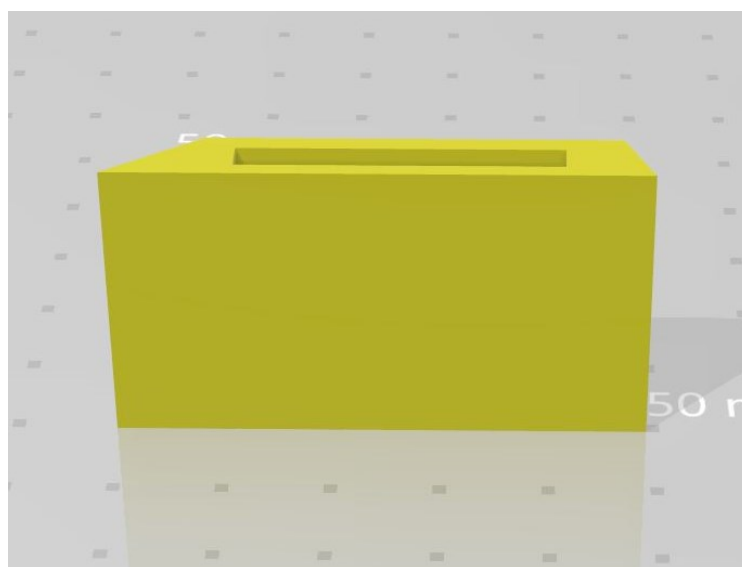
Date	Numéro de la puce	Première prise (vers +/-9h)	Troisième prise (vers +/- 15h)	Autres notes
Ex : 12-08-2018	004155	Fonctionnel	Non fonctionnel	Fonctionnel après décongélation

Annexe 3 : Modélisation des plans *SolidWork* des artefacts artificiels.

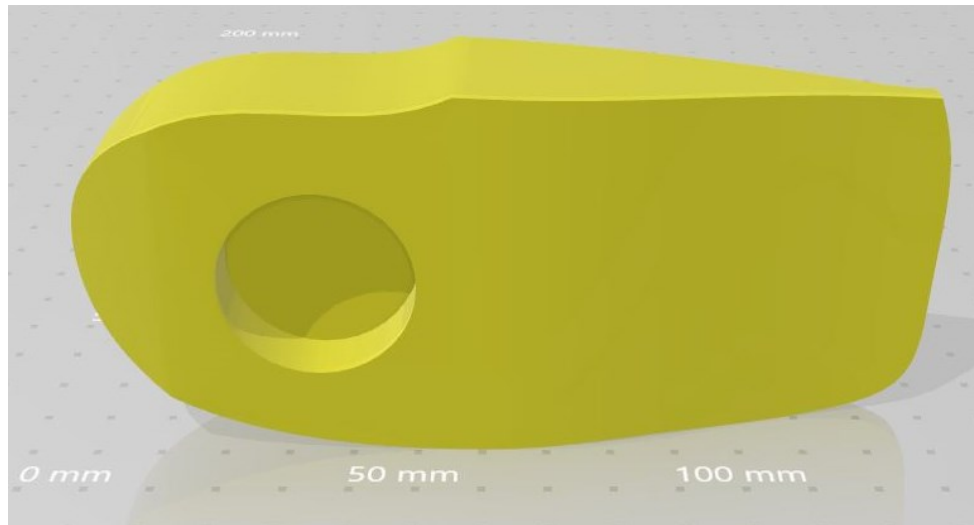
- Biface



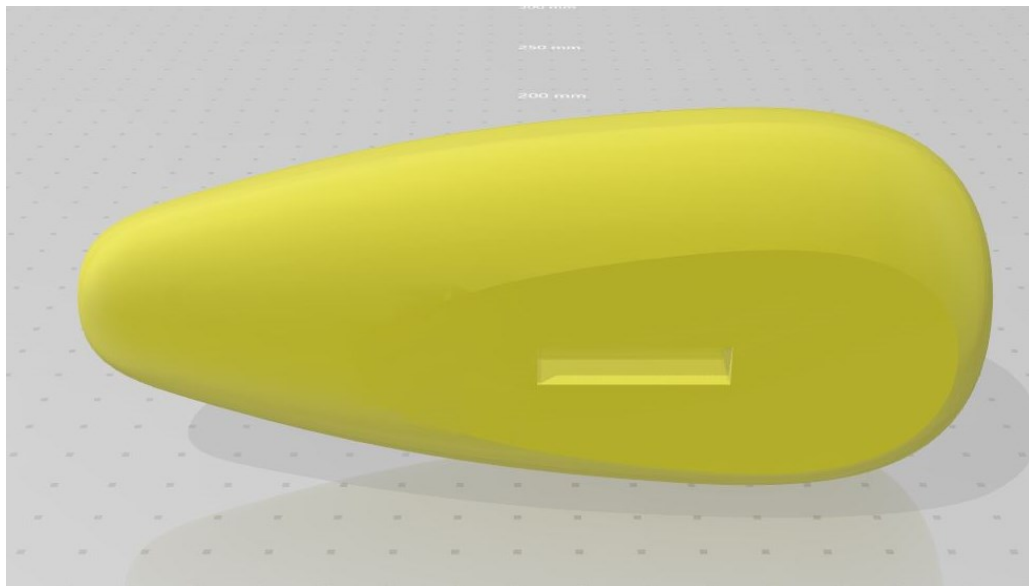
- Grattoir



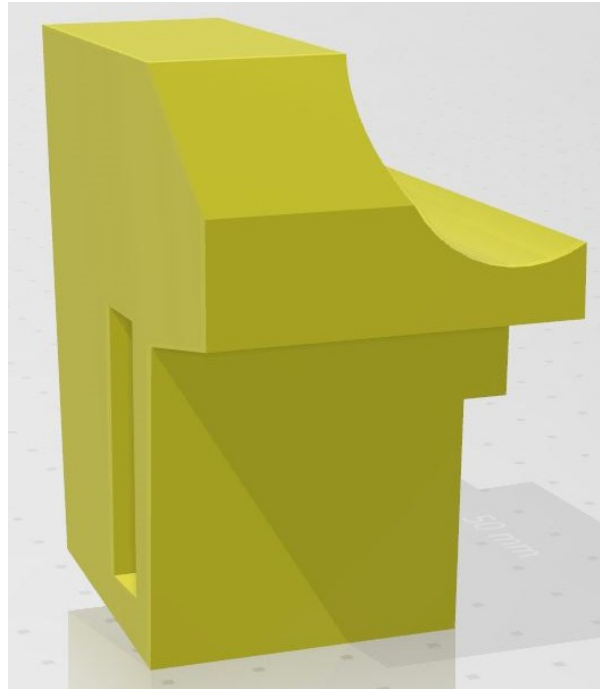
- Tête de hache



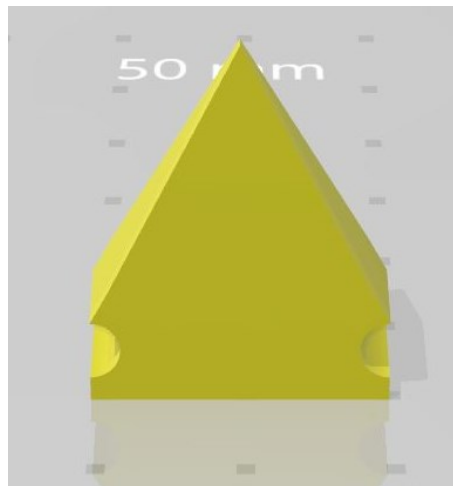
- Marteleur



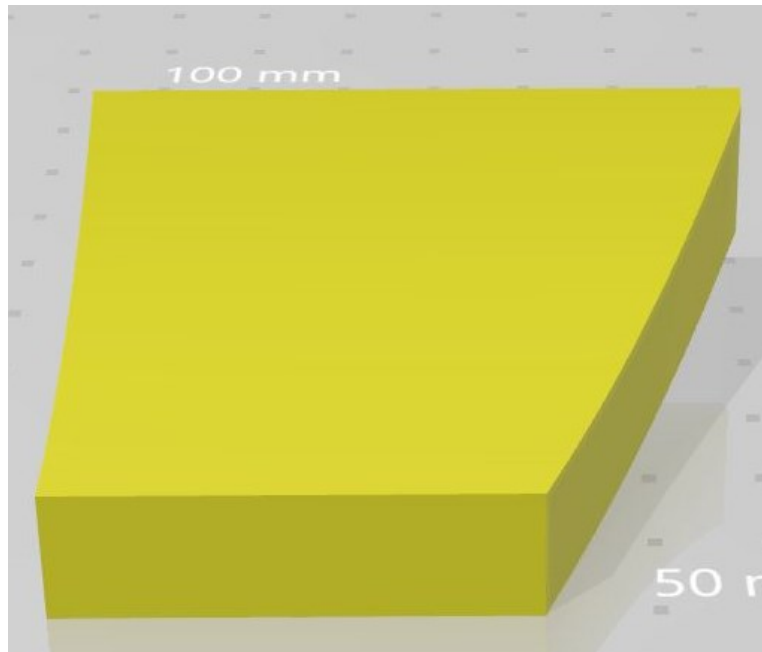
- Nucléus



- Pointe de flèche





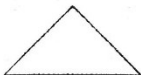
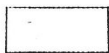






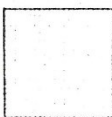

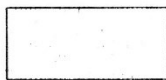


- Poterie



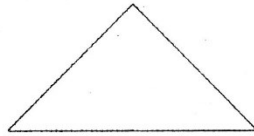
Annexe 4 : Tableau de référence pour la classification dimensionnelle des éclats de matière première.

Surface 1/2.

	(1-100mm <sup>2</sup> )	classe 0			
	(101 à 200mm <sup>2</sup> )	classe 1			
	(201 à 300mm <sup>2</sup> )	classe 2			
11 1 0 0	(301 à 400mm <sup>2</sup> )	classe 3			
10 88/8	(401 à 500mm <sup>2</sup> )	classe 4			

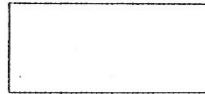
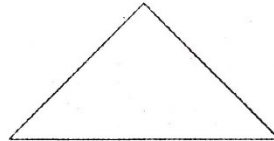
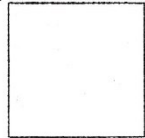
(501 à 600 mm<sup>2</sup>)

classe 5



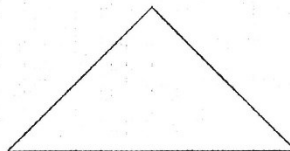
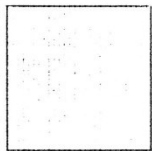
(601 à 700 mm<sup>2</sup>)

classe 6



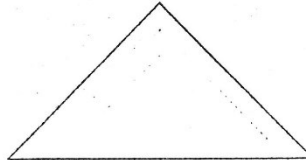
(701 à 800 mm<sup>2</sup>)

classe 7



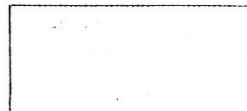
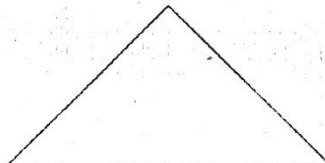
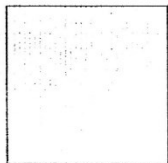
(801 à 900 mm<sup>2</sup>)

classe 8



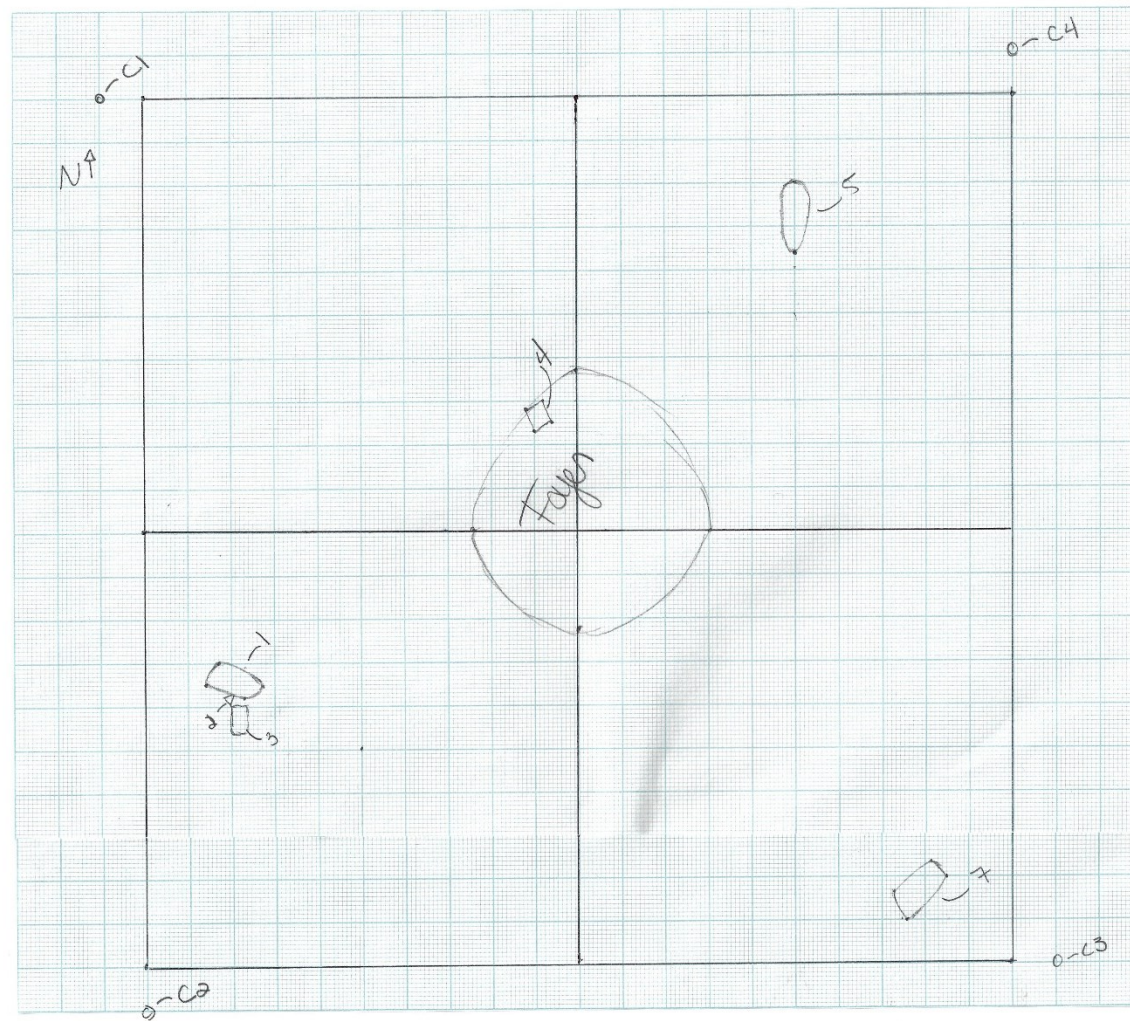
(901 à 1000 mm<sup>2</sup>)

classe 9





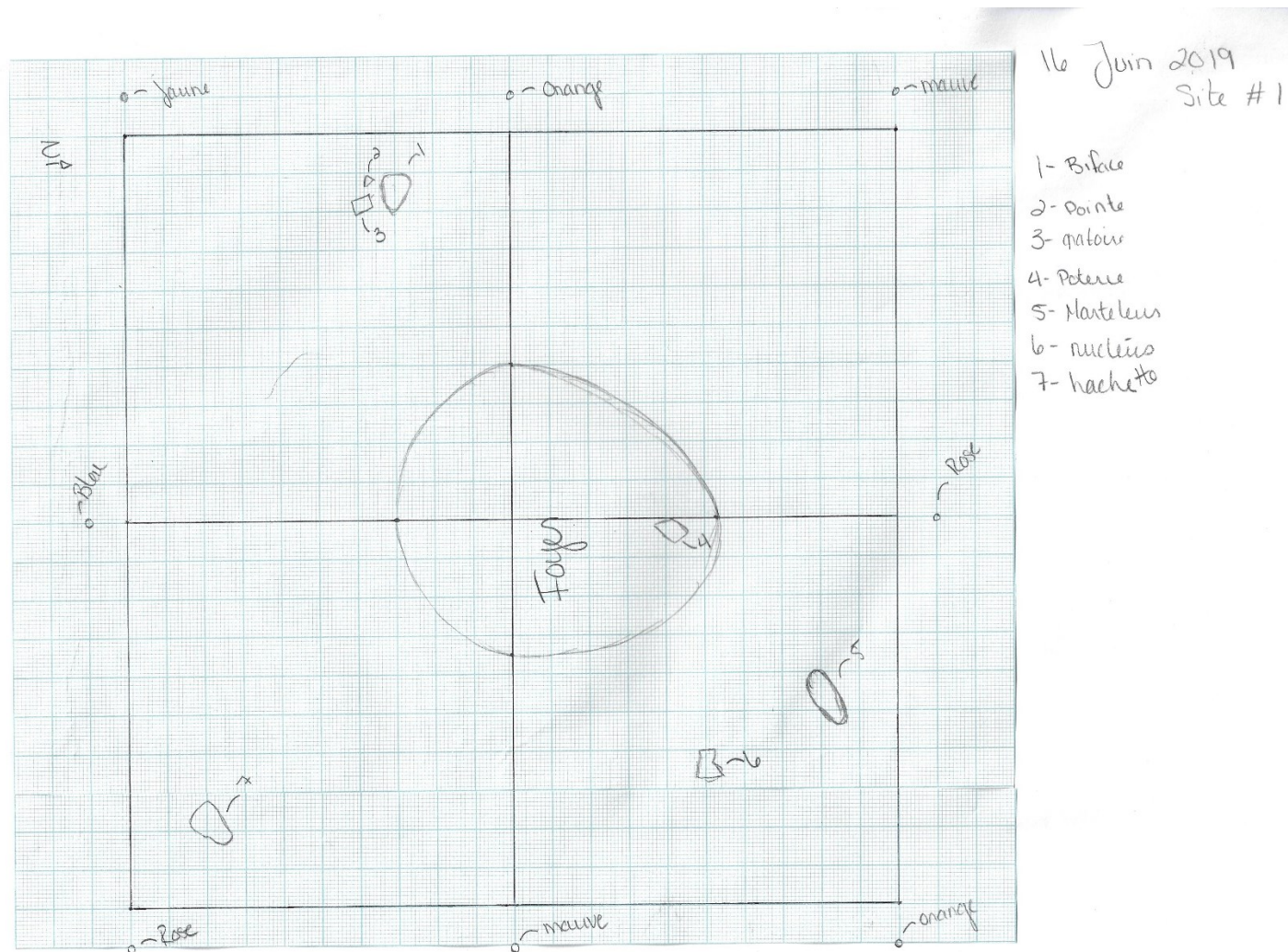
Annexe 5 : Plans de surface, Site 1, 5 novembre 2018.



5 Novembre 2018  
Site #1

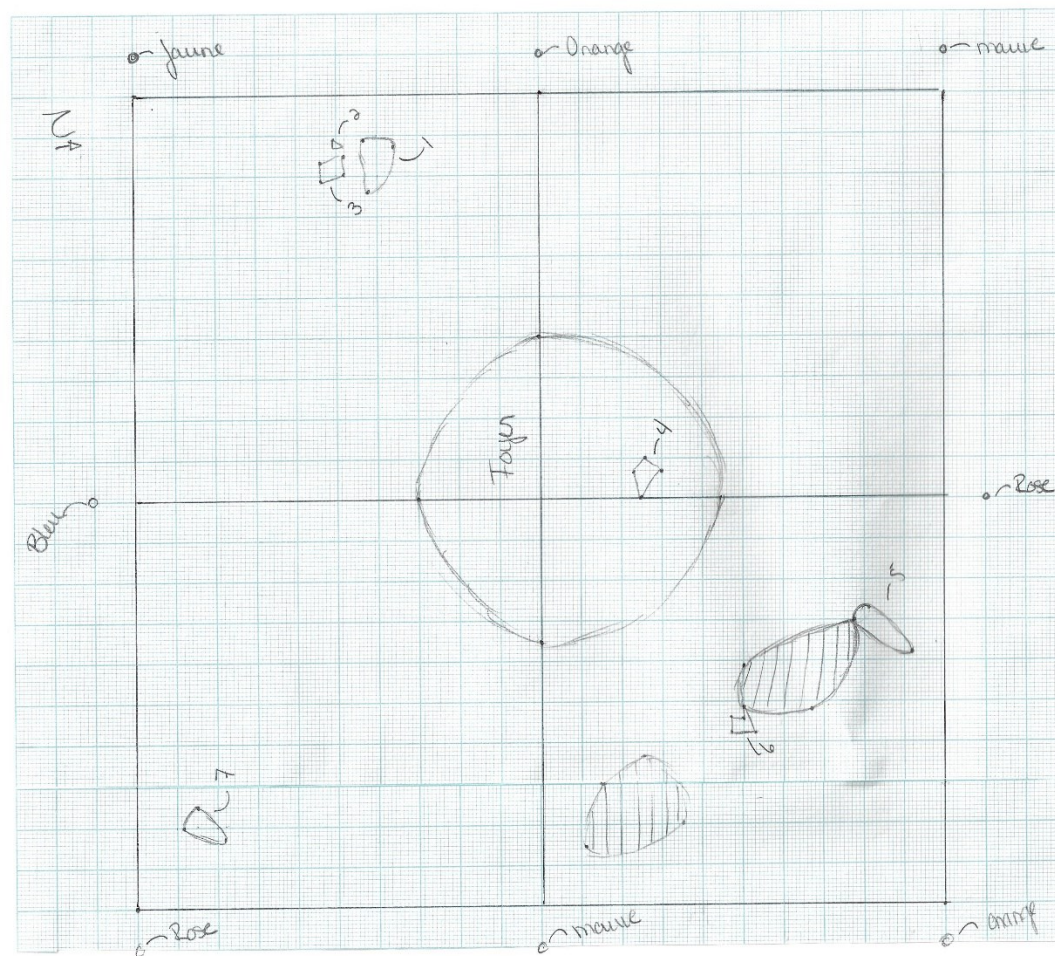
- 1- Biface
- 2- Pointe
- 3- grattoir
- 4- Poterie
- 5- Percuteur
- 6- nucleus
- 7- hachette

Annexe 6 : Plans de surface, Site 1, 16 juin 2019.






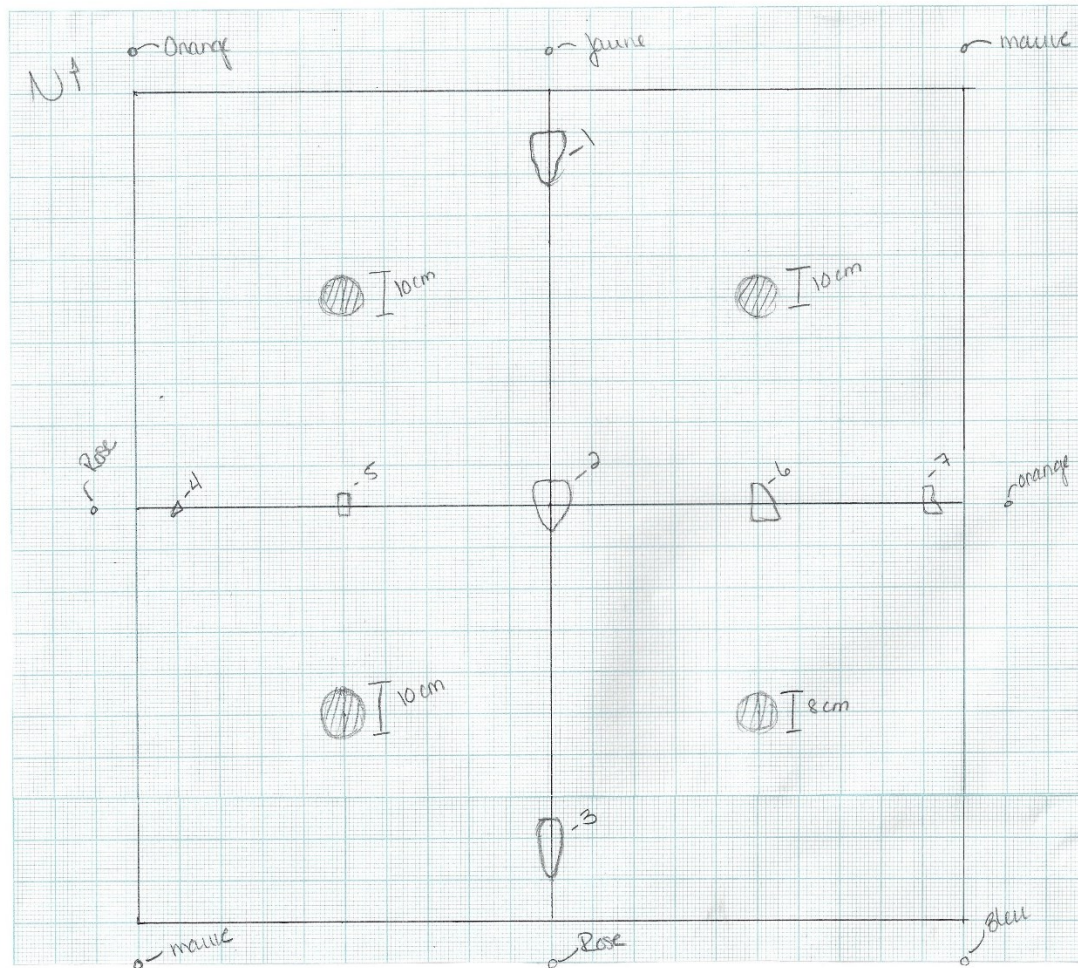
Annexe 7 : Plans de surface, Site 1, 18 octobre 2019.



18 octobre 2019  
Site #1

-  = amas éclats  
 1 - Bifide  
 2 - Pointe  
 3 - arête  
 4 - Pétrole  
 5 - Percuteurs  
 6 - nucleus  
 7 - hachette

Annexe 8 : Plans de surface, Site 2, 16 juin 2019.



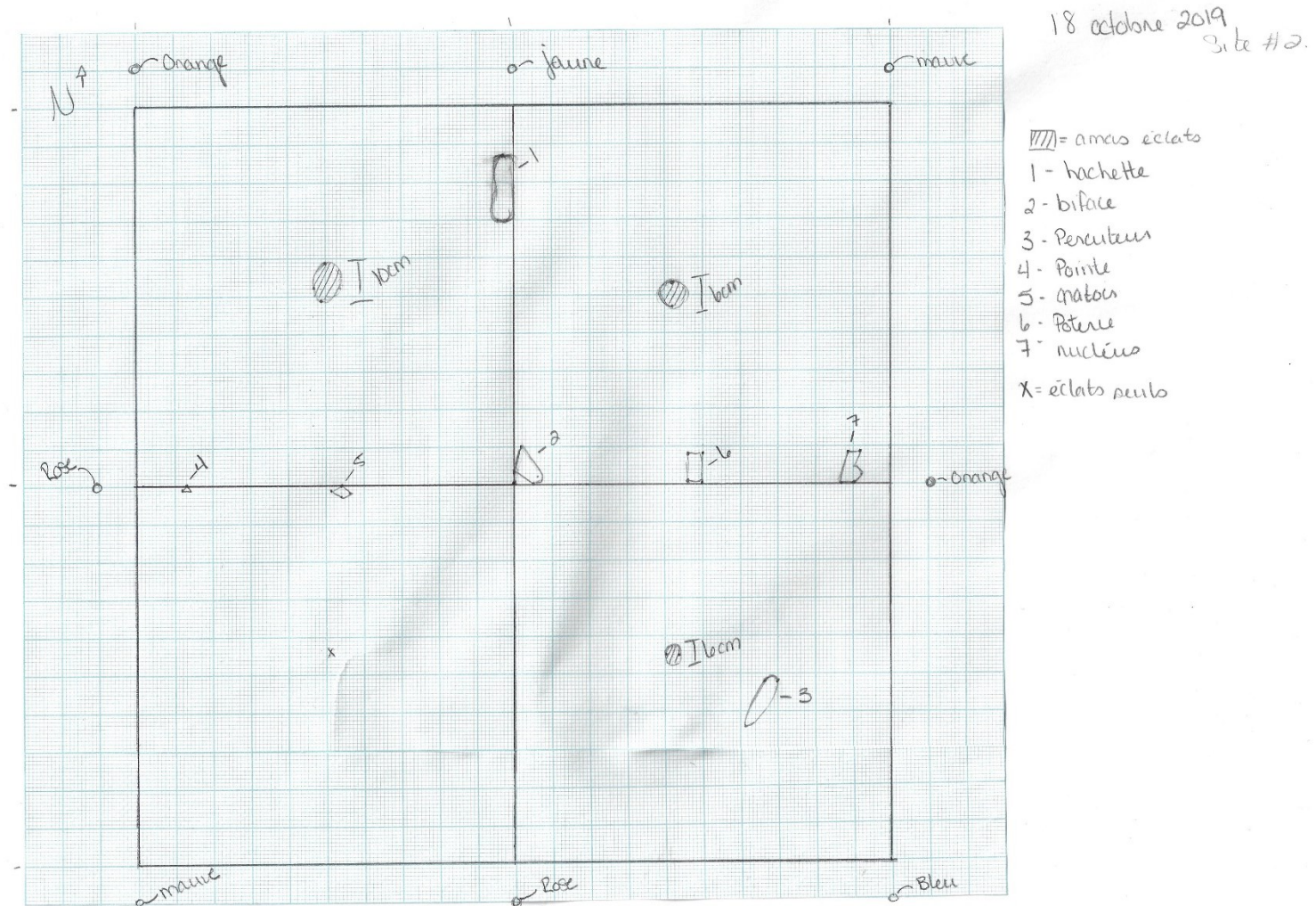
16 Juin 2019  
Site #2

/// - amas éclats

- 1 - hachette
- 2 - biface
- 3 - Perçoir
- 4 - Pointe
- 5 - gratin
- 6 - Poterie
- 7 - nucleus



Annexe 9 : Plans de surface, Site 2, 18 octobre 2019.





Annexe 10 : Photogrammétrie, site 1, 5 novembre 2018

